

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**Wybrane zagadnienia z zakresu
ochrony
i zagrożeń środowiska**

Tom 2

Środowisko - Roślina - Zwierzę - Produkt

WUP

Wybrane zagadnienia
z zakresu ochrony i zagrożeń środowiska

Tom 2

Środowisko – Roślina – Zwierzę – Produkt

Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony i zagrożeń środowiska

Tom 2

pod redakcją

Marka Babcza
Bożeny Nowakowicz-Dębek
Kingi Kropiwiiec-Domańskiej

Lublin 2022

Recenzenci

dr hab. Agnieszka Gładysz-Płaska
dr Dariusz Halabowski
prof. dr hab. Dorota Kowalska
dr hab. inż. Beata Seremak, prof. uczelni
dr hab. Mariusz Trytek, prof. uczelni

Redaktor prowadzący
Magdalena Marcewicz

Opracowanie redakcyjne
Agnieszka Brach

Skład i łamanie
Małgorzata Lużyńska

Projekt okładki
Jacek Pałyszka



Ten utwór jest dostępny na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa –
Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe.

ISBN 978-83-7259-368-9 on-line

DOI: 10.24326/mon.2022.10

WUP

Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

<https://up.lublin.pl/nauka/wydawnictwo/>

13,5 ark. wyd.

Spis treści

Aleksandra Bartkowska, Dominika Chmiel, Roksana Sise, Wojciech Płaska Kolonizacja potencjalnych materiałów dowodowych przez makrofaunę bezkręgową w rzece Bystrzycy	7
Colonization of potential evidence materials by invertebrate macrofauna in Bystrzyca river	
Martyna Cenia, Agnieszka Buczaj, Anna Pecyna Ocena obciążenia psychicznego operatorów dźwigów samojezdnych	16
Assessment of the mental burden of mobile crane operators	
Małgorzata Chęć, Martyna Jarosz, Monika Puk Ekologiczne rozwiązania w budownictwie i ich wpływ na środowisko	24
Green solutions in construction – the impact on the environment	
Tobiasz Czurat Fitopatometria smołowatej plamistości liści klonu na liściach <i>Acer platanoides</i> i <i>Acer pseudoplatanus</i>	35
Phytopathometry of tar spot of maple on leaves of <i>Acer platanoides</i> and <i>Acer pseudoplatanus</i>	
Katarzyna Duklewska, Szymon Chmielewski, Adam Gawryluk, Ilona Woźniak-Kostecka Nauka obywatelska jako metoda budowania społecznej świadomości ekologicznej	51
The impact of Citizen Science on citizens' environmental awareness	
Mateusz Gancarz, Magdalena Blacha, Anna Pecyna, Agnieszka Buczaj Ergonomiczna ocena warunków pracy na stanowisku serwisanta telefonów komórkowych	63
Ergonomic assessment of working conditions as service technicians for mobile phones	
Sebastian Jaguszewski, Katarzyna Karpińska, Dominika Kopiec, Karolina Kuzioła, Gabriela Kosowska, Łukasz Wlazło, Bożena Nowakowicz-Dębek Drgania mechaniczne w środowisku pracy operatora koparki	61
Mechanical vibrations in the working environment of the excavator operator	
Weronika Kamińska, Szymon Chmielewski, Ilona Woźniak, Adam Gawryluk Detekcja struktury zielonego pierścienia Lublina metodami teledetekcyjnymi.....	75
The Lublin's green belt delimitation with the means of remote sensing	
Małgorzata Kawalec, Aleksandra Garbacz, Marta Dec Mikrobiologiczne biosurfaktanty – rodzaje i zastosowanie w bioremediacji środowiska	87
Microbial biosurfactants – types and application in environmental bioremediation	
Gabriela Kosowska, Katarzyna Karpińska, Sebastian Jaguszewski, Łukasz Wlazło, Bożena Nowakowicz-Dębek Zagrożenia chemiczne w środowisku pracy kucharza	95
Chemical hazards in the work environment of a cook	
Katarzyna Kozłowska, Martyna Wierzbicka, Kamil Zygmunt Społeczne aspekty budowy biogazowni rolniczych	107
Technical, social and environmental aspects of functioning agricultural biogas plants – social aspects of building agricultural biogas plants	

Karolina Kuzioła, Dominika Kopiec, Bożena Nowakowicz-Dębek, Martyna Cenian, Sebastian Jaguszewski, Katarzyna Karpińska	
Zanieczyszczenia chemiczne w powietrzu ferm bydła mlecznego	110
Chemical pollutants in the air of dairy cattle farms	
Anna Martin, Klaudia Jurasz, Wojciech Ważny, Zbigniew Belkot	
Badanie opinii społecznej na temat wpływu kotów i psów na środowisko naturalne	118
Survey of public opinion on the environmental impact of cats and dog	
Piotr Ostrowski, Gabriela Michta, Jakub Chalimoniuk, Kamila Rybczyńska-Tkaczyk	
Wykorzystanie usieciowanych agregatów enzymów (CLEAs) w usuwaniu ksenobiotyków	125
The use of cross-linked enzymes aggregates (CLEAs) in the removal of xenobiotics	
Wiktoria Polit, Aleksandra Szewczyk, Barbara Kopczewska, Łukasz Wlazło, Bożena Nowakowicz-Dębek	
Wpływ kofeiny na wzrost i rozmnażanie bakterii	132
Effects of caffeine on bacteria growth and proliferation	
Aleksandra Sicińska, Emilia Romanek, Zbigniew Belkot	
Wpływ lisa pospolitego (<i>Vulpes vulpes</i>) na środowisko	138
The influence of the red fox (<i>Vulpes vulpes</i>) on the environment	
Rozalia Sowisz, Szymon Chmielewski, Iłona Woźniak-Kostecka, Adam Gawryłuk	
Nauka obywatelska na rzecz walki z zanieczyszczeniem hałasem	145
Citizen science against noise pollution mapping	
Tomasz Szafran	
Funkcje wybranych gleb technogenicznych w środowisku miejskim Lublina	155
Functions of selected technogenic soils in the urban environment of Lublin	
Monika Szymczuk, Patrycja Rekiel, Marek Babicz, Kinga Kropiwiiec-Domańska	
Bezpieczeństwo i higiena pracy w postępowaniu okołoubojowym świń	166
Occupational health and safety in pre-slaughter pigs	
Martyna Wierzbicka, Katarzyna Kozłowska, Kamil Zygmunt	
Rola biogazowni w ograniczaniu emisji zanieczyszczeń powietrza	175
The role of biogas plants in reducing air pollutant emissions	
Bartłomiej P. Woliński, Damian Zarajczyk, Krzysztof Skalski, Marianna Wacko, Marek Babicz, Kinga Kropiwiiec-Domańska	
Wpływ zrównoważonej produkcji świń na środowisko przyrodnicze na przykładzie gospodarstwa rodzinnego	184
The impact of sustainable pig production on the natural environment on the example of a family farm	

Kolonizacja potencjalnych materiałów dowodowych przez makrofaunę bezkręgową w rzece Bystrzycy

Colonization of potential evidence materials by invertebrate macrofauna
in Bystrzyca river

W Polsce wyróżniamy 26 typów abiotycznych rzek oraz jeden typ nieokreślony zero. Biorąc pod uwagę ukształtowanie terenu, cieki wodne można podzielić na trzy rodzaje: górskie, nizinne i wyżynne. Do każdego z nich można zaliczyć podział rzek na ekoregiony oraz podział ze względu na wielkość cieku. Rzeki wyżynne leżą na obszarze znajdującym się zazwyczaj powyżej 200–800 m n.p.m. Ich średni spadek wynosi 1–3‰, co przekłada się na prędkość wody. Rzeki jako dynamiczny ekosystem ulegają nieustannym zmianom wskutek działalności środowiska oraz przedsięwzięć hydrotechnicznych podejmowanych przez człowieka. Przekształceniu mogą ulegać następujące parametry: ilość i dynamika przepływu wód, ciągłość rzeki, system hydrologiczny, morfologia, głębokość rzeki wraz z jej szerokością, struktura oraz skład strefy nadbrzeżnej. Dno takich ekosystemów wodnych pokrywają piasek, kamienie, żwir oraz pozostałości obiektów antropogenicznych. Ze względu na chemizm podłoża i wód wyróżnia się tu cieki krzemianowe i węglanowe. Płyną zazwyczaj w korytach skalnych, które są wycięte w skałach krzemianowych. Posiadają znaczne krzywizny oraz wyrównany przepływ wody. Jest to wyznik zdolności do retencji podłoża dzięki budowie węglanowej [Klimaszewski 1981].

W rzekach wyżynnych można wyróżnić poszczególne typy abiotyczne: średnia rzeka wyżynna – zachodnia; średnia rzeka wyżynna – wschodnia; mała rzeka wyżynna węglanowa; mała rzeka wyżynna krzemianowa – zachodnia i ostatnia już rzeka fliszowa. Rzeki są zasilane z dopływów podziemnych, topniejącego śniegu lub bezpośrednio z opadów. Natężenie ich przepływu zmienia się w zależności od pory roku i retencji wód zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych. Procesy zachodzące w rzekach mają charakter dynamiczny [Klimaszewski 1981]. Ważną rolę w większości rodzajów rzek odgrywa nadbrzeże zadrzewione, które ma za zadanie stabilizować skarpy brzegowe. Stanowi ono także miejsce kryjówek zwierząt, które zamieszkują np. między korzeniami. Kolejną zaletą jest ocienienie wody, co sprzyja rozwojowi makrofitów oraz glonów. Martwe drzewa są również siedliskiem różnych bezkręgowców wodnych, takich jak mięczaki, chrząszcze, jętki, muchówki, chruściki [Prus i in. 2018].

Różnorodność siedlisk charakterystyczna dla rzek wyżynnych oraz mocne urzeźbienie terenu mają istotny wpływ na duże zróżnicowanie flory i fauny. Organizmy wodne (tj. fitoplankton, makrofity i fitobentos, makrobezkręgowce bentosowe i ryby) mogą do-

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, aleksandraoiwial@interia.pl

starczyć istotnych informacji w kwestii oceny stanu ekologicznego rzek. Makrobezkręgowce są widoczne gołym okiem i należą do fauny wodnej. Niektóre z nich w wodzie spędzają tylko część roku, co trzeba uwzględnić przy poborze prób. Na ogół są to larwy owadów, które opuszczają zbiornik wodny na przełomie wiosny i lata. Są taksonomicznie niejednorodną i bogatą gatunkowo grupą, charakteryzującą się zróżnicowaną długością życia oraz różną odpowiedzią co do stresu środowiskowego. Wykazują podatność na zmiany w ekosystemach związanych z eutrofizacją zbiorników wodnych i z presją antropogeniczną. Stwierdzono, że podlegają zmianom środowiskowym związanym z siedliskiem, schronieniem, dostępnością pokarmu oraz ruchem wody [Bis i Mikulec 2013]. W ocenie biologicznej jakości wód większość makrobezkręgowców jest uznawana za jedne z najlepszych organizmów do monitoringu zbiorników wodnych. Wpływają na to liczne ich cechy. Żyją dłużej niż rok, co umożliwia długotrwałe badanie środowiska, w którym są obecne. Niektóre organizmy całe swoje życie spędzają w środowisku wodnym. Na ogół w rzekach zamieszkują optymalne do przetrwania siedliska i ich obecność nie jest uwarunkowana sezonowo. Zakres ich tolerancji na zanieczyszczenia jest zależny od gatunku. Organizmami modelowymi wskazującymi np. na poziom zanieczyszczenia wód są rurecznikowate (Tuficidae) oraz ochotkowate (Chironomidae). Posiadają ograniczone możliwości co do poruszania się w wodzie. Pobranie ich w celu monitorowania środowiska wodnego jest łatwe i tanie, a identyfikacja w laboratorium nie sprawia większych problemów w momencie oznaczania organizmów wyższej rangi taksonomicznej [Bielczyńska i in. 2020]. Ocenę wspomagają parametry hydromorfologiczne i fizykochemiczne (przewodnictwo elektrolityczne, ilość rozpuszczonych w wodzie zanieczyszczeń, stężenie tlenu w wodzie, zawiesina ogólna, węgiel organiczny, azotany, związki powierzchniowo czynne, chemiczne zapotrzebowanie na tlen, biologiczne zapotrzebowanie na tlen). Analizuje się również substancje priorytetowe, które mają zdolność do bioakumulacji i stanowią zagrożenie dla zdrowia ludzi, np. metale ciężkie.

Badając faunę zbiorników wodnych pod kątem ich wpływu na rozkładanie się zwłok, należy wyjaśnić pojęcie entomologii sądowej. Bada ona owady i inne stawonogi pod kątem potencjalnych dowodów w sprawie kryminalnej. Ma to pomóc w ustaleniu przyczyny oraz czasu i miejsca śmierci ofiary. Wyróżnia się trzy rodzaje entomologii:

- miejska zajmuje się owadami, które żyją z ludźmi i zwierzętami w bliskim sąsiedztwie, np. karaczanami,
- przechowywanych produktów zajmuje się owadami, które przebywają np. w magazynach czy kuchni,
- medyczno-sądowa ustala przyczyny, czas oraz miejsce śmierci w konkretnym przypadku [Leśniewski 2018].

Podczas badania owadów występujących na zwłokach można stosować dwie metody. Pierwsza z nich – rozwojowa, polega na ustaleniu, które owady są najstarsze na zwłokach, co umożliwia określenie minimalnego czasu od momentu zgonu. Kolejna metoda – sukcesyjna, umożliwia ujawnienie obecności zespołu owadów na zwłokach, co pozwala określić minimalny i maksymalny okresu zgonu. W tej metodzie bierze się pod uwagę również obszar, środowisko, porę roku [Leśniewski 2019]. Przebieg rozkładu zwłok jest inny w środowisku wodnym niż w lądowym. Różnice można zauważyć już na początku, czyli przy oznakach samej śmierci, zmian pośmiertnych, różnych obrażeń, które mogą być charakterystyczne tylko dla jednego z ekosystemów. Zmiany zachodzące

w zwłokach znajdujących się w wodach zarówno słodkich, jak i słonych przebiegają podobnie, natomiast ważna jest temperatura wody. Istotną rolę w identyfikacji odgrywa czas oraz szybkość reakcji służb. Ustalenie obszaru, gdzie mogłaby znajdować się ofiara, może być kłopotliwe ze względu na słabą przejrzystość wód z powodu zanieczyszczeń czy zamulenia zbiornika wodnego. W rzekach prędkość wody jest uzależniona od nachylenia terenu czy też masy wody. Szybkość przepływu w linii nurtu może być nawet dwukrotnie większa względem innych miejsc, co świadczy o wysokim zróżnicowaniu tego parametru. W momencie rozpoczęcia badania ofiary trzeba pamiętać o procesach pośmiertnych, których podstawowym elementem jest gnicie następujące pod wpływem enzymów bakteryjnych i prowadzące do rozkładu. Procesy gnilne sprzyjają kolonizacji zwłok przez stawonogi, wśród których najliczniejszą grupę stanowią owady. Zimna woda czy zmniejszona ilość tlenu w tym środowisku może opóźnić procesy rozkładu zwłok, zainicjować natomiast przeobrażenie tłuszczowo-woskowe.

W środowisku wodnym owady kolonizujące zwłoki można podzielić na faunę zwłok zanurzonych w wodzie słodkiej oraz słonej. W pierwszej grupie, czyli w wodach słodkich, w początkowej fazie można wyróżnić: muchówki z rodziny plujkowatych, muchowatych, ścierwicowatych. Wymienione grupy organizmów składają jaja. Chrząższe omarlice, kusaki zazwyczaj żerują na larwach Diptera. Dorosłe formy owadów, jak też ich stadia rozwojowe, przyciągają takie gatunki, jak osy czy szerszenie. Podczas rozkładu można zauważyć larwy ochotkowatych, meszek, jętek z rodziny Heptageniidae czy chrzączki z rodziny Hydropsychidae. W trakcie kolejnego etapu, czyli gnicia zwłok znajdujących się nad powierzchnią wody, można zauważyć rozkład, który następuje za pomocą larw ochotkowatych i meszek, stających się pokarmem wielu owadów. Można zauważyć też ryby drapieżne, które zjadają owady bądź tkanki. Fauna zwłok zanurzonych w wodach słonych nie jest tak szeroko opisana. Wiadomo, że na ciałach dryfujących osiedlają się organizmy drapieżne bądź skorupiaki, szkarłupnie, ślimaki czy ryby. W przypadku zwłok w wodach słonych ich rozkład po dwóch tygodniach jest już praktycznie szkieletyzowany, ponieważ ciało znajduje się na ogół na brzegu, a nie w wodzie. Rozkład w wodach słonych odbywa się wolniej niż na lądzie i jest uzależniony od takich czynników, jak pora roku czy głębokość [Kaczorowska i Draber-Mońko 2014].

Obszar badań

Rzeka Bystrzyca stanowi lewobrzeżny dopływ Wieprza. Jest jedną z rzek położonych na Wyżynie Lubelskiej. Ten naturalny powierzchniowy ciek płynący w wydrążonym przez erozję korycie rzeczonym bierze swój początek w Sulowie na wysokości 227 m n.p.m. Ujście rzeki do Wieprza ma miejsce w Spiczynie na wysokości 152 m n.p.m. Długość tego dynamicznego ekosystemu wynosi 74 km, natomiast powierzchnia zlewni ma 1315,5 km². Warunki odpływu i dopływu wody w dorzeczu są zależne od rzeźby, budowy geologicznej oraz czynników meteorologicznych. Rzeka przyjmuje dwa główne prawostronne dopływy: Kosarzewka i Czerniejówka, oraz trzy lewostronne: Krężniczanka, Czechówka i Ciemięga (północna oraz południowa). Dno rzeki w dolinie stanowią gleby murszowe, torfowe, mady oraz czarne ziemie, natomiast pozostałe części rzeki mają charakter lessowy. Bystrzyca przepływa przez duży ośrodek miejski, jakim jest Lublin. Pły-

nie z południa na północny-wschód. Odcinek rzeki przebiegający przez stolicę woj. lubelskiego jest w większości obwałowany. Ponadto rzeka płynie przez obszary bezpośrednio sąsiadujące z polami ornymi oraz łąkami. W południowej części Lublina, na 27. kilometrze rzeki, znajduje się zbiornik retencyjny – Zalew Zemborzycki. Teren ten graniczy z lasami. Zagospodarowanie pobrzeża rzeki wpłynęło negatywnie na fizjografię oraz wizualną ocenę czystości rzeki [Miształ i in. 1996].

Przebieg eksperymentu

Badania zostały przeprowadzone w rzece Bystrzyca w mieście Lublin i trwały od maja do lipca 2021 roku. Eksperyment polegał na umieszczeniu elementów odzieży zgodnie z określonym czasem ekspozycji – odpowiednio: 2 tygodnie, 4 tyg., 6 tyg. i 8 tyg. użytym substratem do kolonizacji były bawełniane oraz syntetyczne koszulki i skarpetki. Łącznie użyto 24 sztuki odzieży – 12 koszulek i 12 skarpetek. Wyżej wymienione substraty zostały umieszczone w rzece. Przymocowano je przy użyciu sznurka oraz drewnianych palików wbitych w dno rzeki. Tak umieszczone substraty nie przemieszczały się dalej z nurtem wody.

Wyjęcie pierwszych substratów miało miejsce po upływie 2 tygodni od momentu rozpoczęcia eksperymentu. Próbkę wyjęto z wody przy użyciu plastikowego worka i delikatnie zebrano ubranie wraz z osadem. W ciągu kilku godzin od pobrania prób zostały z nich starannie wyizolowane wszystkie organizmy bezkręgowce, jakie się tam znalazły. Następnie każda z prób została umieszczona w odpowiednio opisanym (data pobrania materiału, typ ubrania, czas ekspozycji) plastikowym pojemniczku. W ten sam sposób pobierano kolejne próby zgodnie z czasem ekspozycji.

Ostatnim etapem badań było oznaczenie oraz określenie dokładnej liczebności pozyskanych taksonów makrofauny. Oznaczenie odbywało się w Katedrze Hydrobiologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Wykorzystano do tego lupę binokularną oraz przewodnik do rozpoznawania bezkręgowych zwierząt słodkowodnych [Rybak 1971].

Wyniki badań

Przeprowadzony eksperyment wykazał obecność trzech grup taksonomicznych organizmów wodnych: stawonogi, pierścienice, mięczaki.

Wśród stawonogów wyróżniono skorupiaki i owady. Przedstawicielami Crustacea były obunogi (Amphipoda). Do owadów należały ważki (Odonata), pluskwiaki (Heteroptera), chrząszcze (Coleoptera), a także muchówki (Diptera). Wśród pierścienic (Annelida) odnotowano obecność pijawek (Hirudinea) oraz skąposzczetów (Oligochaeta). Ostatnią grupę stanowiły mięczaki reprezentowane przez ślimaki (Gastropoda).

Wyniki eksperymentu wyraźnie wskazują na to, że czas ekspozycji nie spowodował istotnych zmian w składzie taksonomicznym wyizolowanym podczas zbioru eksponowanych substratów. Odnotowano natomiast zależność między czasem a liczebnością organizmów obecnych na substratach wykorzystywanych w eksperymencie (tab. 1 i 2).

Grupę organizmów zidentyfikowanych w największej ilości stanowiły obunogi (Amphipoda). Liczba osobników z tego taksonu wzrastała wprost proporcjonalnie do czasu ekspozycji. W 8. tygodniu wynosiła najwięcej zarówno w substratach syntetycznych, jak i bawełnianych. Natomiast najmniejszą liczebność tego taksonu odnotowano po dwutygodniowej ekspozycji.

Tabela 1. Liczebność organizmów kolonizujących substraty syntetyczne

Organizm	Czas											
	2 tygodnie			4 tygodnie			6 tygodni			8 tygodni		
	ekspozycja/iłość											
	1 s	2 s	3 s	1 s	2 s	3 s	1 s	2 s	3 s	1 s	2 s	3 s
Amphipoda (obunogi)	5	10	6	8	15	20	12	14	24	23	19	22
Coleoptera (chrząszcze)	3	2	5	4	16	5	5	7	15	7	15	8
Hirudinea (płajawki)	–	1	–	–	–	–	2	–	–	3	1	3
Odonata (wazki)	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
Chironomidae (ochotkowate)	–	1	–	–	3	–	1	3	–	4	1	2
Tubificinae (rurecznikowate)	11	2	7	6	11	10	15	8	7	16	8	11
Gastropoda (ślímaki)	–	–	–	–	–	1	2	1	–	1	1	1
Hemiptera (płuskwiaki)	–	–	–	1	–	–	–	1	–	–	–	2

Na drugim miejscu pod względem liczebności osobników były rurecznikowate (Tubificinae). Wraz z upływem czasu ekspozycji liczebność organizmów tego taksonu systematycznie wzrastała. W terminie czwartym (czyli po 8 tyg.) ich liczebność była największa zarówno na substracie I (bawełna), jak i substracie II (tworzywa syntetyczne). W przypadku rurecznikowatych stwierdzono, że w momencie oznaczania osiągały one różne rozmiary. Może to świadczyć o tym, że substraty były kolonizowane przez osobniki młode oraz dojrzałe płciowo.

Kolejnym taksonem występującym również bardzo licznie były chrząszcze (Coleoptera). Najwięcej osobników zaobserwowano po upływie 8 tygodni – w przypadku zarówno substratu I (bawełny), jak i substratu II (tworzyw sztucznych). Najmniejszą liczbę osobników odnotowano w terminie pierwszym (po upływie 2 tyg.).

Tabela 2. Liczebność organizmów kolonizujących substraty bawełniane

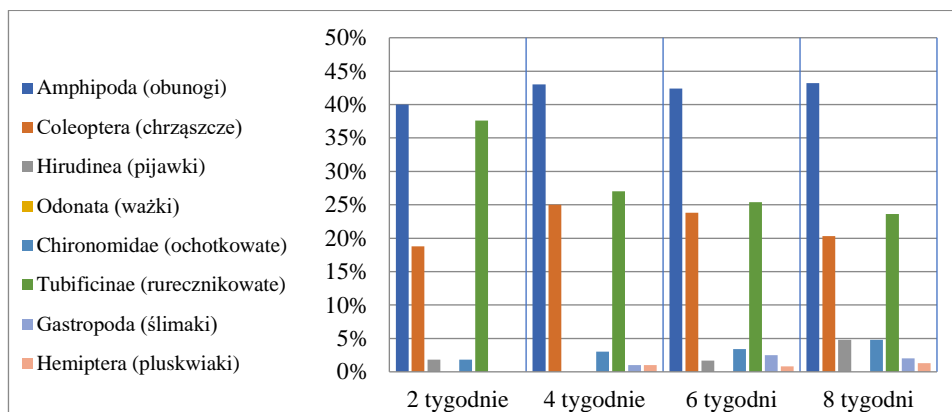
Organizm	Czas											
	2 tygodnie			4 tygodnie			6 tygodni			8 tygodni		
	ekspozycja/iłość											
	1 s	2 s	3 s	1 s	2 s	3 s	1 s	2 s	3 s	1 s	2 s	3 s
Amphipoda (obunogi)	54	20	16	65	19	26	34	59	91	57	49	80
Coleoptera (chrząszcze)	9	7	5	8	17	7	14	9	26	13	25	18
Hirudinea (pijawki)	–	2	1	–	–	–	1	–	8	5	5	2
Odonata (ważki)	–	–	–	–	–	3	–	–	–	–	–	–
Chironomidae (ochotkowate)	2	–	–	1	3	1	5	3	3	5	6	2
Tubificinae (rurecznikowate)	14	3	7	10	14	30	29	11	20	37	6	19
Gastropoda (ślimaki)	–	–	–	–	1	–	2	–	–	2	1	–
Hemiptera (pluskwiaki)	–	–	–	1	2	–	–	1	1	2	–	2

Ostatnim taksonem występującym dość licznie były larwy ochotkowatych (Chironomidae). Liczba tych organizmów wzrastała wprost proporcjonalnie do czasu ekspozycji na substratach zarówno syntetycznych, jak i bawełnianych. Również w tym przypadku wielkość larw ochotkowatych była różna.

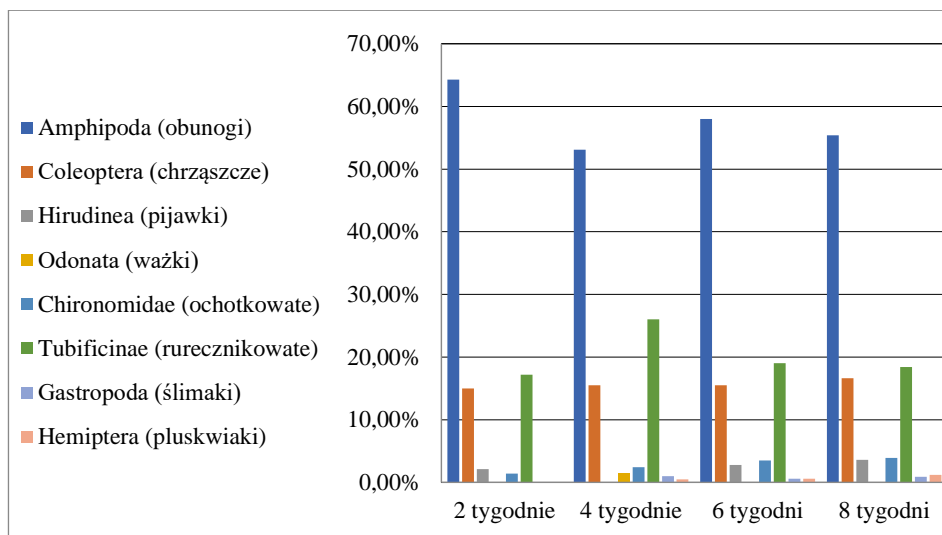
Liczebność pozostałych taksonów była niewielka. Wążki (Odonata) pojawiły się w terminie drugim zarówno w substratach syntetycznych, jak i bawełnianych. Pijawki (Hirudinea) najliczniej występowały po upływie 8 tygodni. W terminie tym nie zaobserwowano obecności tego taksonu. Ślimaki (Gastropoda) w ciągu trwania eksperymentu nie wystąpiły po upływie 2 tygodni. Dopiero w terminie drugim zaobserwowano ich małą liczną obecność, która utrzymała się także w pozostałych czasach ekspozycji. Pluskwiaki (Hemiptera), podobnie jak ślimaki, również nie wystąpiły w początkowym etapie eksperymentu, ich obecność zaobserwowano dopiero po miesiącu.

Dokonano również określenia udziału procentowego zidentyfikowanych bezkręgowców w badanych próbach po określonym czasie ekspozycji z uwzględnieniem rodzaju materiału (ryc. 1 i 2). Najliczniejszą grupę organizmów, które zasiedliły tekstylia syntetyczne po upływie pierwszych 2 tyg., były Amphipoda (64,3%). Procentowy udział Tubificinae oraz Coleoptera był dość podobny (odpowiednio 17,2% i 15%). Hirudinea oraz Chironomidae stanowiły kolejno: 2,10% i 1,4%. Po 4 tyg. Amphipoda stanowiły 53,10%, Tubificinae – 26%, Coleoptera – 15,5%. Niewielki odsetek przypadł Chironomidae (2,4%), Gastropoda (1%) oraz Hemiptera (0,5%). Po 6 tyg. Amphipoda stanowiły 58% organizmów zasiedlających tekstylia syntetyczne. Procentowy udział Tubificinae oraz Coleoptera ponownie był podobny (odpo-

wiednio 19% i 15,5%). Pozostałe taksony stanowiły mniej niż 10% spośród wszystkich zaobserwowanych organizmów po upływie 6 tyg. W terminie czwartym Amphipoda stanowiły 55,4% organizmów zasiedlających tekstylia syntetyczne, Tubificinae – 18,4%, a Coleoptera – 16,6%. Chironomidae (3,9%), Hirudinea (3,6%), Hemiptera (1,2%), Gastropoda (0,6%) stanowiły niewielki odsetek wszystkich organizmów zebranych po upływie 8 tygodni.



Ryc. 1. Procentowy skład odnotowanych taksonów w zależności od czasu ekspozycji na substracie syntetycznym



Ryc. 2. Procentowy skład odnotowanych taksonów w zależności od czasu ekspozycji na substracie bawełnianym

W przypadku substratu bawełnianego po upływie 2 tygodni dominującym taksonem był Amphipoda (64,3%). Tubificinae stanowiły 17,2%, Coleoptera – 15%. Niewielki odsetek przypadł Hirudinae (2,1%) oraz Chironomidae (1,4%). Nie stwierdzono obecności Odonata, Gastropoda oraz Hemiptera. W przypadku prób pobieranych po 4 tyg. dominacja Amphipoda pozostała znacząca (53,1%). Procentowy udział pozostałych organizmów przedstawiał się następująco: Tubificinae (26%), Coleoptera (15,5%), Chironomidae (2,4%), Odonata (1,5%), Gastropoda (1%) oraz Hemiptera (0,5%). W kolejnym terminie utrzymywała się tendencja dominacji Amphipoda (58%). Odsetek występowania Tubificinae (19%) oraz Coleoptera (15,5%) był podobny. Chironomidae (3,5%), Hirudinea (2,8%), Gastropoda (0,6%) oraz Hemiptera (0,6%) stanowiły niewielki odsetek wszystkich organizmów. Na substracie drugim liczebność Amphipoda stanowiła 55,4% łącznej liczby organizmów zebranych po upływie 8 tyg. ekspozycji. Kolejnymi licznymi grupami były Tubificinae (18,4) oraz Coleoptera (16,6%). Niewielki odsetek przypadł Chironomidae (3,9%), Hirudinea (3,6%), Hemiptera (1,2%), Gastropoda (0,9%).

Dyskusja

Owady wodne w większości nie należą do organizmów padlinożernych. Ich obecność na zwłokach jest związana z możliwością uzyskania pokarmu z innych obecnych tam zwierząt. Oprócz chęci zdobywania pożywienia owady wodne, przebywając w odzieży denata, szukają tam kryjówek [Haskell i in. 1989].

Wśród gatunków oznaczonych podczas trwania eksperymentu najliczniejszą grupą taksonomiczną były obunogi (Amphipoda). Organizmy te nie są charakterystyczne dla fauny zwłok zanurzonych w wodzie [Kaczorowska i Draber-Mońko 2014, Bartkowska 2022].

Takson rurecznikowatych (Tubificinae) może być postrzegany jako organizm testowy w ekotoksykologii. Jego obecność może być przydatna do badań związanych z określeniem występowania toksycznych składników osadów dennych lub zanieczyszczeniem wód. W przypadku wystąpienia toksycznych substancji wykazują skłonności do autotomii – samoistnego rozdzielenia segmentów osobnika. Już niewielka ilość toksyn może powodować spadek aktywności Tubificinae. Odnośnie do postępowania sądowiczego – takson ten nie dostarcza istotnych informacji względem tej tematyki. Jego występowanie, podobnie jak Amphipoda, jest przypadkowe oraz niezwiązane z fauną zwłok zanurzonych w wodzie [Meller i in. 1998, Kaczorowska i Draber-Mońko 2014, Bartkowska 2022].

Ochotkowate (Chironomidae) oraz chrząszcze (Coleoptera) stanowią grupę organizmów charakterystycznych dla entomologii sądowej. Jako pierwsze kolonizują zwłoki w pierwszych stadiach sukcesji, a ich aktualny stan rozwoju staje się źródłem wiedzy na temat czasu ekspozycji denata. Pozostali przedstawiciele Diptera nie wystąpili w eksperymencie, natomiast również kolonizują zwłoki. Należą do nich: plujkowate (Calliphoridae) i ścierwicowate (Sarcophagidae). Obecne na badanym materiale pluskwiaki (Hemiptera) nie są taksonem wykorzystywanym w entomologii sądowej [Kaczorowska i Draber-Mońko 2014, Dubiel i in. 2021, Bartkowska 2022].

Ważki (Odonata) stanowią grupę taksonomiczną bardzo często spotykaną w pobliżu ekosystemów wodnych. Dlatego mogą dostarczyć licznych informacji w opiniowaniu sądowym [Kaczorowska i Draber-Mońko 2014].

Zarówno ślimaki (Gastropoda), jak i pijawki (Hirudinea) nie wykazują istotnego wpływu na postępowanie sądowe [Kaczorowska i Draber-Mońko 2014].

Bibliografia

- Bartkowska A., 2022. Kolonizacja sztucznych substratów przez makrofaunę bezkręgową w rzece wyżynnej – eksperyment terenowy na potrzeby diagnostyki sądowej. Praca dyplomowa.
- Bielczyńska A., Picińska-Fałtynowicz J., Błachuta J., Tończyk G., 2020. Podręcznik do monitoringu elementów biologicznych klasyfikacji stanu ekologicznego wód powierzchniowych – aktualizacja metod. Warszawa, 113–161.
- Bis B., Mikulec A., 2013. Przewodnik do oceny stanu ekologicznego rzek na podstawie makrobezkręgowców bentosowych. Warszawa, 1–127.
- Dubiel G., Bystrowski C., Woźnica A.J., 2021. Zróżnicowanie strategii życiowych muchówek. *Pol. Tow. Entomol. Dipteron.* 37(2), 362–398. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4642887>
- Haskell N.H., McShaffery D.G., Hawley D.A., Williams R.E., Pless J.E., 1989. Use of aquatic insects in determining submersion interval. *J. Foren. Sci.*, 34, 622–632.
- Kaczorowska E., Draber-Mońko A., 2014. Wprowadzenie do entomologii sądowej. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1–180.
- Klimaszewski M., 1981. Geomorfologia. PWN, Warszawa.
- Leśniewski P., 2018. Wykorzystanie śladów entomologicznych w kryminalistyce. *Olsztyn*, 109–119.
- Leśniewski P., 2019. Entomologia medyczno-kryminalna. Identyfikacja i zabezpieczanie śladów entomologicznych, *Piła*, 1–7.
- Meller M., Egeler P., Römbke J., Schallnass H., Nagel R., Streit B., 1998. Short-term toxicity of lindane, hexachlorobenzene, and copper sulfate to tubificid sludge worms (*Oligochaeta*) in artificial media. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 39(1), 10–20.
- Misztal M., Smal H., Ligęza S., 1996. Zawartość wybranych makro- i mikropierwiastków w osadach dennych rzeki Bystrzyca. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 4, 291–298.
- Prus P., Popek Z., Pawlaczyk P., 2018. Dobre praktyki utrzymania rzek. Warszawa, 1–36.
- Rybak J.I., 1971. Przewodnik do rozpoznawania niektórych bezkręgowych zwierząt słodkowodnych. PWN, Warszawa, 1–75.

Ocena obciążenia psychicznego operatorów dźwigów samojezdnych

Assessment of the mental burden of mobile crane operators

Budownictwo to jeden z nieodłącznych działów gospodarki państwa. W porównaniu z rokiem 2020 – według danych, które podaje Główny Urząd Statystyczny – w 2021 r. odnotowano wzrost o 2,2 mln m² (o 11,3%) powierzchni mieszkalnych oddanych do użytkowania [GUS 2021, 2022]. Następstwem tego jest wzrost zapotrzebowania na wykwalifikowanych pracowników i specjalistyczne maszyny oraz urządzenia, które są nieodłącznym elementem każdej budowy. Jedną z takich maszyn jest dźwig samojezdny. Dźwigi samojezdne, nazywane również żurawiami samojezdnymi, to urządzenia tzw. bliskiego transportu. Umożliwiają transport i przemieszczenie, podnoszenie i przesuwanie ładunków oraz innych przedmiotów gabarytowych na niewielkie odległości [Dz.U. 2012, poz. 1468]. Z pracą operatora i wykorzystywaniem takiej maszyny nieodłącznie są związane czynniki niebezpieczne, występujące w otaczającym środowisku, które w mniejszym lub większym stopniu zagrażają pracownikom. Działanie pod presją czasu, duża odpowiedzialność za działania lub monotonia są przyczynami obciążenia psychicznego człowieka. Przejawia się ono najczęściej w postaci stresu i zmęczenia psychicznego.

Charakterystyka stanowiska pracy operatora dźwigu samojezdnego

Operatorem dźwigu samojezdnego może zostać osoba, która ukończyła 18 lat i uzyskała uprawnienia kwalifikacyjne do obsługi urządzenia wydawane przez Urząd Dozoru Technicznego po uzyskaniu pozytywnego wyniku egzaminu państwowego. Osoby wykonujące pracę operatora mają często podwójny zawód – kierowcy i operatora. Pierwszy zawód wiąże się ze specyfiką pojazdu. Jest to dźwignica na podwoziu samochodu ciężarowego. Pełni funkcję transportową i może przemieszczać się po drogach i terenie. Aby nim kierować, potrzebne są uprawnienia do kierowania pojazdami. Drugi zawód nawiązuje natomiast do specyfiki pracy maszyny, polegającej na podnoszeniu, opuszczaniu i przemieszczaniu danego ładunku, konstrukcji budowlanych za pomocą wciągarek i wysuwanego na dane odległości i wysokości wysięgnika.

Specyfika pracy operatora najczęściej wymaga pracy zespołowej. Pomaga mu pracownik nazywany hakowym. Jego zadaniem jest odpowiednie zabezpieczenie ładunku różnymi pasami, hakami, aby podczas podnoszenia nie stwarzał zagrożenia dla otoczenia. Odpowiedzialność za wyrządzone szkody, wypadki z udziałem ludzi i inne niebezpieczne sytuacje ponosi jednak operator żurawia.

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Międzywydziałowe Studenckie Koło Naukowe BHP i Ergonomii, cenian.martyna@hotmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji

Osoba wykonująca zawód operatora dźwigu samojezdnego musi wykazać się szczególną sprawnością psychofizyczną, m.in.: wydolnością fizyczną, sprawnością narządów zmysłów, takich jak wzrok, słuch, brakiem zaburzeń narządu równowagi oraz ogólnym dobrym stanem zdrowia. Wymagane sprawności psychofizyczne można podzielić na następujące podkategorie: sprawność sensomotoryczna, cechy charakteru i zdolności komunikacyjne pracownika. Do pierwszej podkategorii zalicza się brak lęku wysokości, zręczność rąk i palców, rozróżnianie barw, koordynację ruchową i wzrokową (w tym ostrość słuchu i wzroku). Do następnej podkategorii zalicza się zdolności pracownika w nawiązywaniu kontaktów międzyludzkich i do współpracy, a także podejmowania decyzji pod presją czasu i otoczenia, wysoką odpowiedzialność w działaniach i odporność emocjonalną [MRPiPS 2018].

Zawodowymi zadaniami operatora dźwigu samojezdnego są: ocena warunków panujących przed pracą i w jej czasie, dobór odpowiedniego osprzętowania do rodzaju wykonywanej pracy dźwigiem oraz zabezpieczenie terenu miejsca pracy dźwigu [Dz.U. 1996 nr 62, poz. 287].

Obciążenie człowieka pracą

Obciążenie człowieka pracą rozdziela się na dwa ogniwa – pracę fizyczną i psychiczną. Obciążenie fizyczne zależy od angażowania w wykonywane czynności robocze ludzkiego ciała. Rozróżnia się tu pracę statyczną (nazywaną pracą w bezruchu przy długotrwałym skurczu mięśni, następuje wówczas wzrost napięcia mięśniowego) i pracę dynamiczną (gdy mięśnie człowieka kurczą się i rozciągają). Skutkiem obciążenia pracą fizyczną jest zmęczenie ciała. Obciążenie psychiczne zależy natomiast od stopnia angażowania systemu nerwowego człowieka w przetwarzanie napływających informacji ze środowiska, ich rodzaju i poziomu złożoności [Wykowska 1994].

Na obciążenie wpływają również inne czynniki, m.in. odpowiedzialność w miejscu pracy, waga podjętych decyzji lub złożoność wykonywanych czynności. Ich negatywne oddziaływanie na człowieka może wywołać stres, wypalenie zawodowe, obniżoną motywację do wykonywanej pracy i działań, spadek wydajności, wzrost powodowanych wypadków, chorób i urazów. Wypalenie zawodowe występuje, gdy praca przestaje satysfakcjonować pracownika, przestaje on się rozwijać zawodowo, czuje się przepracowany i niezadowolony z wykonywanej pracy. Stres jest związany z zaspokajaniem lub niemożnością zaspokojenia ludzkich potrzeb. Wpływa on na emocjonalne reakcje człowieka oraz kształtuje motywację do działania [Richter i in. 2008, PN-EN ISO 10075-1:2018-01].

Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest ocena obciążenia psychicznego operatorów dźwigów samojezdnych w odniesieniu do stresu zawodowego i wypalenia zawodowego.

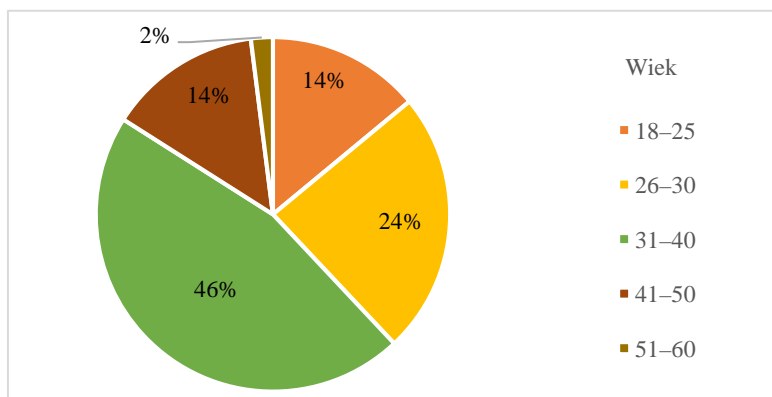
Material i metody badawcze

W badaniach obciążenia psychicznego wzięło udział 50 operatorów dźwigów samojezdnych pracujących na terenie Lubelszczyzny. Do badania wykorzystano autorski

kwestionariusz ankiety opracowany w oparciu o Kwestionariusz Wypalenia Zawodowego stworzony przez Christine Maslach [Sęk 2007]. Kwestionariusz podzielono na trzy części. Dziewięć początkowych pytań bada stres zawodowy i jego poziom panujący na stanowisku operatorów. Druga część obejmuje badanie poziomu wypalenia zawodowego. Trzecia, a za razem ostatnia, dotyczy opinii na temat postrzegania przez operatorów działań podejmowanych przez zakład pracy w aspekcie obciążenia psychicznego pracą. Badania zrealizowano przy użyciu narzędzi internetowych. Dodatkowo przeprowadzono wywiady z pracownikami obejmujące wpływ warunków pracy na ich komfort pracy.

Wyniki i ich omówienie

Operatorzy uczestniczący w badaniu to mężczyźni zróżnicowani wiekowo (ryc. 1). Największa grupa wiekowa (46%) to mężczyźni w wieku 31–40 lat (23 osoby). Kolejną grupą dominującą (24%) jest grupa mężczyzn w wieku 26–30 lat (12 osób). Najmłodszą i starszą grupę wiekową (14%) stanowią mężczyźni kolejno w wieku 18–25 lat i 41–50 lat (po 7 osób). Najstarsza, a zarazem najmniejsza, grupa (2%) to jeden operator w wieku mieszczącym się w przedziale 51–60 lat. W związku ze zróżnicowanym wiekiem operatorów różny jest również staż pracy. Średni staż pracy wynosi 8,89 roku. Najdłuższy staż pracy to 35 lat, a najkrótszy – 7 miesięcy (tab. 1). Miejscem zamieszkania 44% respondentów jest miasto powyżej 100 tys. mieszkańców, a 30% – wieś.

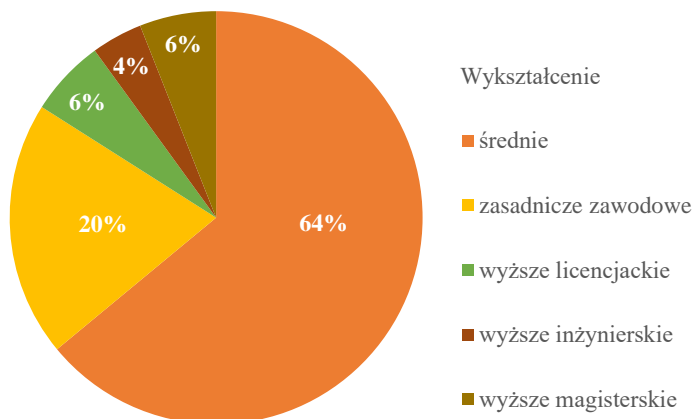


Ryc. 1. Wiek operatorów dźwigów samojezdnych

Tabela 1. Staż pracy operatorów dźwigów samojezdnych

Staż pracy	Liczba osób
poniżej roku	3
1–5 lat	19
5–10 lat	13
11–15 lat	7
16–20 lat	1
21 lat i więcej	3

Ponad połowa operatorów (64%) posiada wykształcenie średnie. Wykształcenie zasadnicze zawodowe ma 20% pracowników, następnie wyższe licencjackie i wyższe magisterskie – 6% operatorów, a 4% zgłosiło wykształcenie wyższe inżynierskie (ryc. 2). Zaobserwowano zależność pomiędzy miejscem zamieszkania a wykształceniem ankietowanych osób – operatorzy mieszkający na wsi posiadają wykształcenie średnie.



Ryc. 2. Wykształcenie operatorów żurawia

Wyniki badania obciążenia psychicznego operatorów żurawi samojezdnych zostały przedstawione w postaci średnich poziomów stresu zawodowego oraz wypalenia dla badanej grupy.

Stres zawodowy zbadano przy użyciu dziewięciu pytań, których celem było określenie przez osobę badaną stopnia, w jakim zgadza się ona z kolejnymi stwierdzeniami. Każde pytanie miało skalę od 1 do 5, gdzie 1 to „bardzo niski”, a 5 to „bardzo wysoki”. Każdy punkt w skali posiada swoją wartość punktową. Respondenci określali stopień, w jakim mają trudności z organizacją pracy własnej, z wykonywaniem obowiązków zawodowych i poleceń, problem w kontaktach interpersonalnych. Wskazywali również na poziom intensywności myślenia w sytuacjach kryzysowych i stresujących, wpływ otoczenia pracy oraz relacje z przełożonymi i współpracownikami na nich samych. O wystąpieniu stresu zawodowego lub jasnych jego oznak na tym stanowisku mówi się wtedy, gdy odpowiedzi najczęściej zawierają się w stopniach wysokich lub bardzo wysokich. O braku stresu na stanowisku pracy można mówić wtedy, gdy odpowiedzi te wahają się w granicach „niski”, „bardzo niski”. Najniższym możliwym do uzyskania wynikiem było 9 punktów, a najwyższym 45 punktów (tab. 2).

Tabela 2. Skala określenia poziomu stresu zawodowego

Poziom stresu zawodowego	Skala punktów	Liczba osób
Niski	9–20	7
Średni	21–33	43
Wysoki	34–45	0

Żaden z operatorów nie osiągnął poziomu najwyższego. Najniższy uzyskany wynik to 17 punktów, a najwyższy to 31 punktów. Średni poziom stresu zawodowego w badanej grupie wyniósł 23,94 punktu.

W pytaniu dotyczącym znużenia i monotonii w pracy 72% badanych określało je na niskim poziomie. Poziom wykonywanych czynności i podejmowanie odpowiedzialnych decyzji 74% osób oceniło jako wysoki; 82% operatorów wskazuje, że ich praca nie jest niedostosowana i nie wykracza poza ich umiejętności. Pracownicy w 32% wskazują, że wykonywana przez nich praca jest niezgodna z obowiązującymi przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy (BHP). Argumentują to tym, że wymaga się od nich pracy w niesprzyjających warunkach pogodowych, gdy prędkość wiatru przekracza dopuszczalne normy. Ze względu na bezpieczeństwo swoje i innych wszyscy badani operatorzy odstępują od wykonywania pracy w takich warunkach.

Wypalenie zawodowe zbadano przy użyciu 17 pytań sprawdzających symptomy wypalenia zawodowego w skali od 1 do 5, gdzie 1 to „bardzo niski”, a 5 to „bardzo wysoki”. Badały one stopień, w jakim praca jest męcząca i monotonna dla respondentów. Zbadano również stopień, w jakim wykonywana praca wpływa na życie operatorów oraz ich osobiste spełnienie i samorozwój. Kolejnym badaniem aspektem było zadowolenie z wynagrodzenia z tytułu pracy, ponieważ jest ono wyznacznikiem satysfakcji z niej. Pojawiły się również pytania o poczucie potrzeby zmiany pracy i okoliczności występowania tych przemyśleń oraz wystąpienie ryzyka utraty pracy. Najniższym możliwym do uzyskania wynikiem było 17 punktów, a najwyższym – 85 punktów (tab. 3). W tej części ankiety również żaden z badanych operatorów nie osiągnął najwyższych poziomów w punktacji. Najniższy poziom w badanej grupie wyniósł 35 punktów, a najwyższy to 77 punktów. Średni poziom wypalenia zawodowego wśród respondentów wyniósł 49 punktów.

Tabela 3. Skala określenia poziomu wypalenia zawodowego

Poziom wypalenia zawodowego	Skala punktów	Liczba osób
Niski	17–39	6
Średni	40–62	43
Wysoki	63–85	1

Na pytanie dotyczące zmęczenia pracą uzyskano odpowiedzi na różnych poziomach: 44% osób wskazało średnie zmęczenie pracą, 22% wysokie, a 34% niskie.

W pytaniu o występowanie konfliktów celów badana grupa w 44% wskazała, że jest to sytuacja często obecna podczas pracy. Konflikty obejmują grupy współpracowników, pracodawców i klientów. Często te grupy wykazują „nieprawidłową” wyższość nad kompetencjami operatora. W pytaniu obejmującym występowanie sytuacji wymagających odpowiedzialnych i przemyślanych działań 82% respondentów wskazała poziom bardzo wysoki. W odpowiedziach na pytanie o zdarzenia skutkujące ryzykiem utraty

pracy 74% badanych wskazało bardzo niski poziom występowania takich zdarzeń. W pytaniu o zadowolenie z otrzymywanego wynagrodzenia ponad 62% osób wskazało, że jest to zadowolenie na średnim lub niskim poziomie. Ponad połowa (66%) ankietowanych wskazała, że nie myślała o zmianie pracy, a 34% rozważało taką zmianę. Najczęstsze podawane powody rozmyślań były związane z:

- niewystarczającym i niesatysfakcjonującym wynagrodzeniem za pracę,
- niedocenianiem zawodu,
- zaniedbaniami ze strony pracodawcy,
- pracą z dala od miejsca zamieszkania i presją poświęcenia czasu dla rodziny,
- nieprzestrzeganiem prawa, przepisów BHP i zagrożeniem wobec bezpieczeństwa dla zdrowia i życia,
- natłokiem powierzonych zadań do wykonania, które narastały z dnia na dzień,
- ponadnormatywnym czasem pracy operatorów – nieodpowiednio opłacanym.

W końcowej części kwestionariusza respondenci udzielali odpowiedzi „tak/nie/nie wiem” na temat postrzegania przez operatorów działań podejmowanych przez zakład pracy w aspekcie obciążenia psychicznego pracą. Znajdują się w niej pytania o to, czy firma przeprowadza działania uświadamiające o zagrożeniach związanych z obciążeniem psychicznym, czy jest zapewniona opieka nad zdrowiem psychicznym pracowników, czy pracodawca przeprowadza ocenę warunków pracy pracowników. Wyniki przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Lista odpowiedzi operatorów dźwigów samojezdnych udzielonych na pytania dotyczące ich zakładu pracy i liczba odpowiedzi

Czy uważa Pan/Pani, że firma, w której Pan/Pani pracuje:	Liczba odpowiedzi		
	tak	nie	nie wiem
1. Prowadzi działania uświadamiające o zagrożeniach związanych z obciążeniem psychicznym?	15	28	7
2. Dbą o zdrowie psychiczne pracowników?	16	24	10
3. Angażuje pracowników w ustalanie sposobów i terminów wykonania poszczególnych prac i ustalanie grafików czasu wolnego?	24	21	5
4. Spełnia żądania pracownicze?	24	14	12
5. Przeprowadza ocenę obciążenia psychicznego pracą?	9	32	9
6. Pracodawca słucha pracowników?	25	16	9

Na pytanie o to, czy firma przeprowadza działania uświadamiające o zagrożeniach związanych z obciążeniem, 15 osób wskazało odpowiedź „tak”, lecz większa liczba – 28 osób, odpowiedziała odmownie. W pytaniu o podejście pracodawcy do pracownika – czy słucha pracowników, połowa ankietowanych (50%) wskazała „tak”, 32% – „nie”, a 18% odpowiedziało, że nie wie. Respondenci uważają, że pracodawca nie słucha pracowników; argumentują swoje stanowisko tym, że pracodawcy nie mają całkowicie lub częściowo umiejętności w zakresie budowania poprawnych relacji na linii pracodawca–pracownik, profesjonalnego podejścia do zarządzania zasobami ludzkimi czy rozwiązywania konfliktów. Niewiedza pracowników w tej sytuacji może wynikać z braku bezpośredniej relacji z pracodawcą. Jego zadania wykonują najczęściej przełożeni: brygadziści, koordynatorzy. W pytaniu o przeprowadzanie przez firmę oceny obciążenia psychicznego pracą dominującą odpowiedzią (64%) wśród ankietowanych jest „nie”.

Poza kwestionariuszem badana grupa wskazywała inne niedogodności i swoje przeświadczenia, które według respondentów wpływają na komfort pracy i związane z nim obciążenie psychiczne:

- zniechęcenie pracą, gdy pracodawca pociąga do odpowiedzialności pracownika za mienie w sytuacji, kiedy wypadek jest spowodowany nie z jego winy, a kara jest nieadekwatna do osiągniętych zarobków,
- praca nie jest ciężką pracą fizyczną, ale bardziej oddziałuje na psychikę i ogólne samopoczucie,
- praca operatora żurawia samojezdnego jest odpowiednia najlepiej dla kogoś, kto nie ma rodziny – mniej smutków i tęsknoty za rodziną, która mieszka daleko od miejsca pracy,
- brak wyrozumiałości ze względu na charakter pracy – częste awarie maszyn, utrudnione dojazdy ze względu na masę i wymiary maszyny,
- bardzo często praca jest wykonywana przez ponad 8 godzin, co nie jest traktowane przez pracodawcę jako nadgodziny,
- irytujące, lekceważące podejście pracodawców do zasobów firmy – nie dbają o przeglądy, naprawy maszyn.

Podsumowanie

Badania ankietowe wykazały, że w pracy operatorów dźwigów samojezdnych jest obecny problem obciążenia psychicznego występującego w postaci średniego poziomu stresu zawodowego oraz zjawiska wypalenia zawodowego określanego również na średnim poziomie. Jest to sygnał, który należy przekazać pracodawcom, aby podjęli środki profilaktyczne, by obniżyć te poziomy wśród pracowników. Jeżeli nie zostaną one wdrożone, poziom te mogą w przyszłości wzrosnąć. Największe obciążenie w pracy związane jest głównie z presją czasu i wysoką odpowiedzialnością pracowników. Odpowiedzialność, jaką ponosi operator na stanowisku pracy, jest bardzo duża, co sprawia, że praca ta jest obciążająca psychicznie. Dodatkowo niesprzyjające otoczenie pracy, brak szkoleń i problemy komunikacyjne z pracodawcą mogą je pogłębić i wpłynąć negatywnie na bezpieczeństwo pracy.

Bibliografia

- Dz.U. 1996 nr 62, poz. 287. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie rodzajów prac wymagających szczególnej sprawności psychofizycznej.
- Dz.U. 2012, poz. 1468. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 grudnia 2012 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu.
- Główny Urząd Statystyczny (GUS), 2022. Budownictwo w 2021 roku.
- Główny Urząd Statystyczny (GUS), 2021. Efekty działalności budowlanej w 2020 roku.
- Sęk H., 2007. Wypalenie zawodowe. Przyczyny i zapobieganie. Wydawnictwo Naukowe PAN, Warszawa.

Ekologiczne rozwiązania w budownictwie i ich wpływ na środowisko

Green solutions in construction – the impact on the environment

Ekologia w ostatnich latach stała się zagadnieniem o wiele bliższym ludziom, a rozwój technologii pozwala na jej coraz częstsze zastosowanie. Ze względu na większą świadomość dotyczącą wpływu różnych czynników na środowisko, jego eksploatacji, jak też ochrony odchodzi się od rozwiązań, które do niedawna wydawały się rozsądne, na rzecz tych, które są bardziej ekologiczne, oszczędne czy przyjazne dla środowiska, w którym funkcjonujemy.

Celem niniejszej pracy było przedstawienie nowoczesnych, ograniczających ingerencję w środowisko rozwiązań w budownictwie. Z przeprowadzonych badań wynika, że respondenci w większości mieli wiedzę i zwracali uwagę na zagadnienia związane z ochroną środowiska.

Ekologia i świadomość ekologiczna

Nazwa pochodzi od połączenia dwóch greckich słów: *oikos* – dom, miejsce życia oraz *logos* – słowo, nauka. Zatem ekologia to nauka zajmująca się analizowaniem oraz poznawaniem stosunków między organizmami a ich środowiskiem przyrodniczym. Ma charakter interdyscyplinarny, łączy ze sobą takie nauki, jak: genetyka, fizjologia, etologia, ewolucjonizm i in. [Szpunar 2014].

Świadomość ekologiczna przedstawia stosunek człowieka do ogółu środowiska naturalnego. W znaczeniu szerszym świadczy o całokształcie opinii oraz idei o środowisku przyrodniczym jako sferze rozwoju i życia społeczeństwa. W węższym znaczeniu oznacza wiedzę praktyczną oraz poglądy dotyczące roli człowieka w ekosystemie, który powinien wykazać się odpowiedzialnością za jego stan. Objawia się ona przede wszystkim dbaniem o otoczenie lub przestrzeganiem zasady ochrony środowiska [Kłós 2015].

Wady i zalety ekologicznych rozwiązań w budownictwie

Największą zaletą ekologicznych rozwiązań w budownictwie jest możliwość korzystania z odnawialnych i nieszkodliwych źródeł energii oraz ochrona środowiska naturalnego. Innymi istotnymi zaletami są: energooszczędność, niezależność energetyczna, redukcja emisji dwutlenku węgla i wysoka trwałość systemów energooszczędnych [Kietliński 2015].

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Zarządzania i Ekonomii, małgorzata.chec@o2.pl

Wśród wad można wyróżnić: wysokie koszty budowy i instalacji, które w dużej mierze zniechęcają do stosowania ekologicznych rozwiązań, wysokie koszty naprawy w przypadku awarii systemów czy konieczność zatrudnienia wyspecjalizowanego architekta [Gajewicz 2021].

Ekologiczne materiały budowlane

Rozwiązaniem wartym zaprezentowania, zwiększającym pozytywny, a zmniejszającym negatywny wpływ na środowisko jest wykorzystanie już na etapie budowy materiałów ekologicznych. Umożliwiają one dostosowanie budynku do najnowszych wymagań przy jednoczesnym zmniejszeniu emisji dwutlenku węgla. Materiały i tworzywa używane w budownictwie często są szkodliwe nie tylko dla środowiska, ale również ludzi, a co za tym idzie – ich wykorzystanie powinno być ograniczone do minimum oraz zastąpione rozwiązaniami, których negatywny wpływ na środowisko jest możliwie niski. Do takich rozwiązań należą ściany prefabrykowane szkieletowe, które dzięki swojej budowie umożliwiają lepszą izolację termiczną niż tradycyjne. Pomimo zalet ich największą wadą jest jednak cena. Ważnym czynnikiem ograniczającym negatywne działanie na środowisko jest dach. Głównie od jego budowy zależy ilość ciepła i pary wodnej wydostająca się na zewnątrz, jak też wnikająca do budynku. Dlatego dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie, oprócz dobrego ocieplenia, membrany dachowej lub szczeliny wentylacyjnej. Oczywistym sposobem zwiększającym ochronę środowiska jest również wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu [Kietliński 2015].

Coraz szerszym zastosowaniem cieszą się ponadto materiały używane w budownictwie od tysięcy lat, jak słoma czy glina. Pomimo dosyć dużego ciężaru objętościowego, jak też konieczności wykorzystania dodatkowej izolacji, glina świetnie sprawdza się przy produkcji cegieł, obecnie wyrabianych za pomocą pras hydraulicznych. Innym zastosowaniem jest glinobitka, która umożliwia budowę obiektów o nietypowych kształtach. Kolejnym pozytywnym rozwiązaniem dla środowiska jest technologia glino-słomo-beli, czyli budowa obiektów z użyciem sprasowanej słomy. Zaletą tej metody jest większa izolacja termiczna i akustyczna w porównaniu z tradycyjną, jak też wykorzystanie odpadów poprodukcyjnych zbóż. Rozwiązanie to również można uznać za bezemisyjne, gdyż zboża podczas wzrostu pochłaniają dwutlenek węgla [Backiel-Brzozowska 2014].

Przykłady ekologicznych rozwiązań – Smart Home

Jednym z zyskujących popularność pomysłów, które pojawiły się w ostatnim czasie, jest inteligentny dom (Smart Home). System ten umożliwia połączenie ekologii i ekonomii z nowoczesnym wykorzystaniem technologii. Rozwiązanie to dzięki możliwości indywidualizacji jest coraz częściej wybierane przez budujących swoje domy, a dzięki coraz powszechniejszemu wykorzystaniu technologii, które do niedawna były dość kosztowne, ceny budowy inteligentnych domów spadają z roku na rok. Pomimo to zaadaptowanie już istniejącego budynku do systemu Smart Home jest stosunkowo drogie ze względu na skomplikowaną instalację [Moneta 2021].

Dom inteligentny umożliwia wykorzystanie takich udogodnień, jak:

- automatyczne adaptowanie się do warunków atmosferycznych,
- zapewnianie bezpieczeństwa przez systemy kamer i czujników, m.in. ruchu i dymu,
- automatyczne sterowanie oświetleniem i ogrzewaniem,
- zdalne sterowanie blokadą drzwi czy bramy garażowej,
- możliwość sterowania wszystkimi systemami i urządzeniami z poziomu aplikacji [Sulikowska i Brzuzy 2019].

Budynki o zerowym zużyciu energii

Wydaje się to nieprawdopodobne, ale dzięki postępowi technologii i innowacyjnym rozwiązaniom można zbudować dom niezależny energetycznie od dostawców energii elektrycznej. Takie domy nazywane są samowystarczalnymi lub zeroenergetycznymi i dzięki odnawialnym źródłom są w stanie zapewnić ciągłość w dostarczaniu energii elektrycznej.

Z pewnością największą zaletą jest całkowity brak emisji dwutlenku węgla przez taki budynek. Uzyskiwane jest to poprzez magazynowanie ciepła w systemach podziemnych, odwiertach geologicznych czy elementach instalacji solarnej poprowadzonej pod budynkiem. Akumulatorem ciepła staje się grunt. Istotną rolę odgrywa tu lokalizacja budynku oraz odpowiednie rozplanowanie układu okien, by jak najwięcej wyeksponować na światło słoneczne. Wykorzystywana jest także siła wiatru i wody, a wszelkie nadwyżki energii powstałe latem i w okresach wietrznych są magazynowane i zużywane zimą, dzięki czemu dom jest zaopatrzony w energię przez cały rok. Realizacja takiego projektu wymaga dużego kapitału, gdyż szczególną uwagę trzeba zwrócić na odpowiednią izolację termiczną, stolarkę okienną i drzwiową, by utrata ciepła i wydatek energetyczny były jak najmniejsze. Stosowane są również rozwiązania w postaci naturalnej wentylacji, która wykorzystuje różnice w gęstości powietrza na zewnątrz i wewnątrz budynku, a także świetliki zapewniające naturalne oświetlenie domu. Wysokie koszty realizacji zeroenergetycznego domu zdecydowanie w dłuższej perspektywie czasu rekompensują znacznie niższe miesięczne wydatki utrzymania domu w porównaniu z mieszkaniem tradycyjnym [Gajewicz 2021].

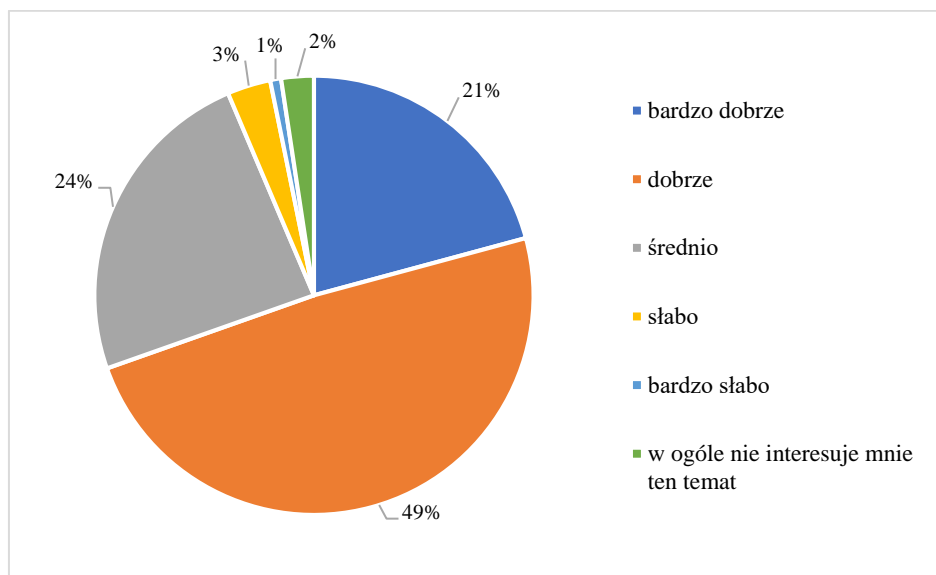
Analiza badań dotyczących ekologicznych rozwiązań w budownictwie – wpływ na środowisko

Głównym celem pracy badawczej było zebranie opinii społeczeństwa na temat ekologicznych rozwiązań w budownictwie, a także ocena świadomości ekologicznej ankietowanych.

W badaniu wzięło udział 125 osób. Przeprowadzono je za pomocą kwestionariusza ankietowego, który składał się z części metrycznej oraz merytorycznej. Pierwsza część pozwoliła na dokonanie charakterystyki społeczno-demograficznej ankietowanych, a część merytoryczna dostarczyła informacji dotyczących przedmiotu badania. Zawierała 16 pytań o charakterze zamkniętym, jednego bądź wielokrotnego wyboru. Ankietowani mieli również możliwość dodania własnej odpowiedzi w sytuacji, gdy żaden wariant nie przedstawiał ich poglądów. W sondażu brały udział głównie kobiety – 61,6% ogółu

ankietowanych; pozostałą część stanowili mężczyźni (38,4%). Uczestnicy badania to przede wszystkim osoby w przedziale wiekowym 18–25 lat (68%), kolejną znaczącą grupą wiekową są osoby w wieku 26–40 lat (15,2%); 10,4% stanowią osoby w przedziale wiekowym 41–60 lat. Pozostali ankietowani to osoby poniżej 18. roku życia oraz powyżej 60 lat (ok. 6,4%). Przeważająca liczba uczestników miała wykształcenie średnie (52%). Duży odsetek stanowiły również osoby z wykształceniem wyższym (34,4%). Większość osób zamieszkuje tereny miejskie (56,8%), pozostała ludność – wiejskie.

W merytorycznej części kwestionariusza zapytano ankietowanych o samoocenę ich świadomości ekologicznej. Uzyskane wyniki przedstawiono na rycinie 1.

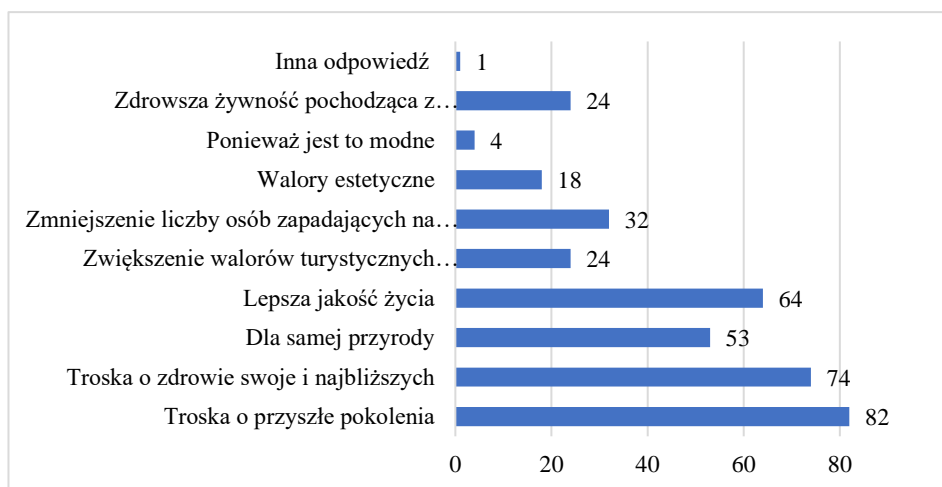


Ryc. 1. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „Jak ocenia Pan/Pani swoją świadomość ekologiczną?”

Analizując zebrane odpowiedzi, można wywnioskować, że świadomość ekologiczna społeczeństwa znajduje się na zadowalającym poziomie. Prawie połowa ankietowanych oceniła swoją świadomość na poziomie „dobry” (49%), a 21% uważa swój poziom świadomości ekologicznej za „bardzo dobry”. Może to wynikać z wieku ankietowanych, ponieważ znacząca grupa to osoby młode, w wieku 18–25 lat, zapewne świadome obecnej sytuacji ekologicznej świata. Co ciekawe, 24% ocenia swój poziom jako „średni”, co może oznaczać niepewność tych osób w sferze ekologii bądź początkowe zainteresowanie się tym tematem. Zadowalające jest to, że tylko niewielki odsetek badanych ocenia swoją świadomość na poziomie słabym oraz bardzo słabym, a jedynie 2% nie interesuje się tematem ekologii.

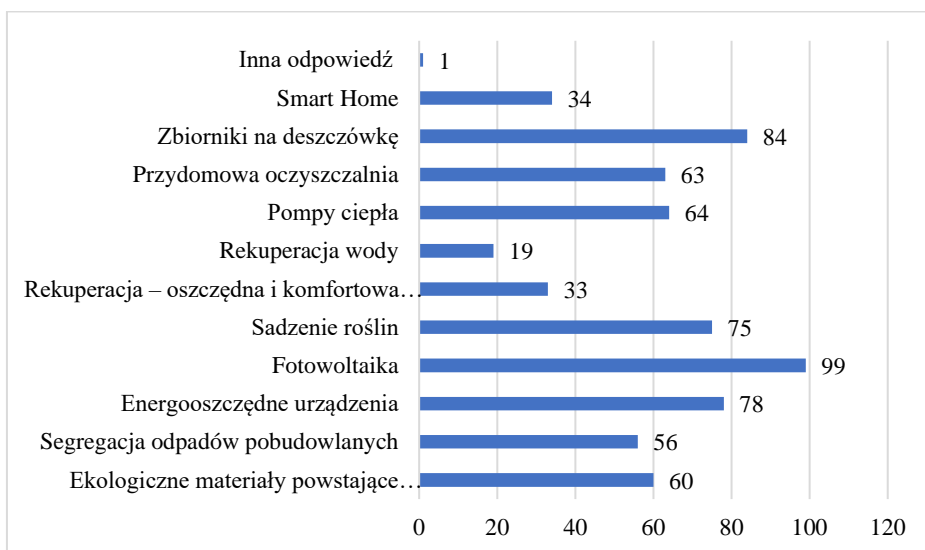
Następnie poproszono respondentów o podanie powodów, dla których warto dbać o środowisko ekologiczne. Przy tym pytaniu ankietowani mieli możliwość wybrania trzech odpowiedzi. Największa liczba głosów padła na odpowiedź: „troska o przyszłość

pokolenia” oraz „troska o zdrowie swoje i najbliższych”. Obie ściśle są ze sobą połączone. Wybór takich opcji świadczy o pewnej obawie o to, co może się wydarzyć w przyszłości, jeśli nie zadamy o środowisko, a także o trosce o przyszłość swoją i najbliższych (ryc. 2). Następnie duża liczba osób (64) wybrała opcję „lepsza jakość życia”, co może świadczyć o docenianiu odpowiednich warunków do bytowania, jakie umożliwia ochrona środowiska. Następnymi powodami, dla których warto dbać o środowisko, są: „dla samej przyrody” (53 osoby), zmniejszenie liczby chorób cywilizacyjnych, np. alergii (32), „walory estetyczne”, a także „zwiększenie walorów turystycznych danego miejsca” (24). Śmiało można zauważyć, że respondenci przy wyborze odpowiedzi kierowali się głównie myślą o przyszłości. Świadczy to o tym, że nie robią wszystkiego głównie dla siebie.



Ryc. 2. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „Jakie są według Pani/Pana główne powody, dla których warto dbać o środowisko”

O kolejne zagadnienie pytano respondentów za pomocą pytania: „Jakie zna Pan/Pani rozwiązania ekologiczne w budownictwie?”. Jak można zauważyć na rycinie 3, znaczna część osób – aż 99, kojarzy ekologiczne budownictwo z fotowoltaiką, następną odpowiedzią była: „zbiorniki na deszczówkę”, a zaraz za nią: „energooszczędne urządzenia i sadzenie roślin”. Warto podkreślić, że jedynie 19 osób zaznaczyło odpowiedź „rekuperacja wody”, podczas gdy o 14 osób więcej odpowiedziało „rekuperacja – oszczędna i komfortowa wentylacja”. Rozkład wszystkich odpowiedzi obrazuje rycina 3.

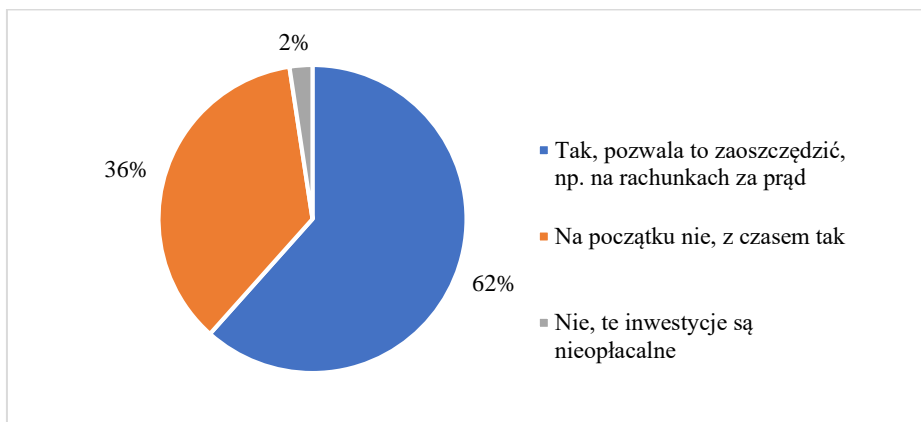


Ryc. 3. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „Jakie zna Pan/Pani rozwiązania ekologiczne w budownictwie?”

Powiązany pytaniem z poprzednim było: „Które z poniższych rozwiązań stosuje Pan/Pani?”. Najczęstszymi odpowiedziami były: „sadzenie roślin” (69 osób), „energooszczędne urządzenia” (66 osób) oraz „zbiorniki na deszczówkę” (49 osób). Z kolei fotowoltaika, która w poprzednim pytaniu cieszyła się największą popularnością, znalazła się na piątym miejscu pod względem odpowiedzi (39 osób), zaraz za segregacją odpadów pobudowlanych (41 osób). Następne odpowiedzi to kolejno: „pompy ciepła” – 28 osób, „ekologiczne materiały” – 23, „przydomowa oczyszczalnia ścieków” – 20, „rekuperacja – oszczędna i komfortowa wentylacja” – 14. Jedynie 9 osób zaznaczyło odpowiedź „rekuperacja wody”, co pozwala wnioskować, że rozwiązanie to znają tylko ludzie je stosujący, zaś pozostali kojarzą je w małym stopniu. Smart Home, który jako rozwiązanie budownictwa ekologicznego znalazły 34 osoby, wykorzystują jedynie 4 osoby, a 3 nie korzystają w ogóle z rozwiązań ekologicznych w swoich domach.

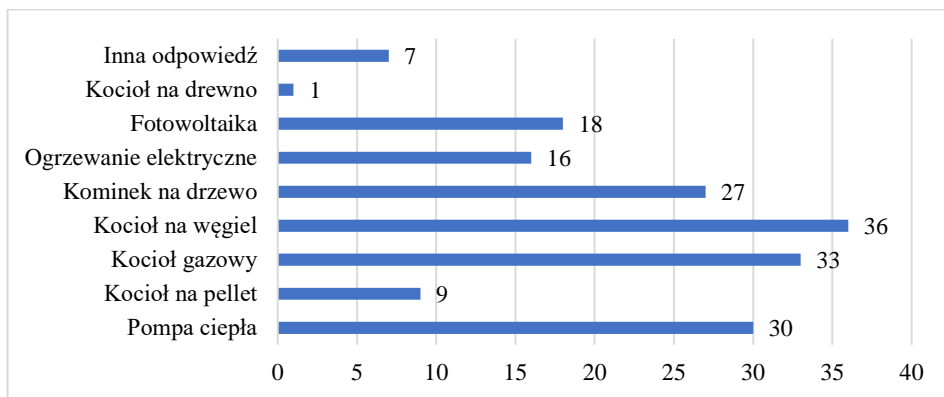
Następnie ankietowani mieli zdecydować, czy wykorzystanie ekologicznych rozwiązań w budownictwie jest opłacalne (ryc. 4).

Zdecydowana większość osób uważa, że wykorzystanie ekologicznych rozwiązań jest opłacalne (62%). Oznacza to, że duża liczba badanych widzi pozytywne aspekty zastosowania tych rozwiązań, a także inwestycje w przyszłość. Kolejno 36% badanych wybrało odpowiedź: „na początku nie, z czasem tak”, co może świadczyć o rosnącym przekonaniu się do nowych rozwiązań w budownictwie, które z czasem dają duże korzyści, np. oszczędność finansów. Tylko 2% uważa inwestycje w powyższe rozwiązania za nieopłacalne, co może wynikać z braku przekonania do nowych rozwiązań i przyzwyczajeniu się do pewnych standardów.



Ryc. 4. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „Czy uważa Pan/Pani, że wykorzystanie ekologicznych rozwiązań jest opłacalne?”

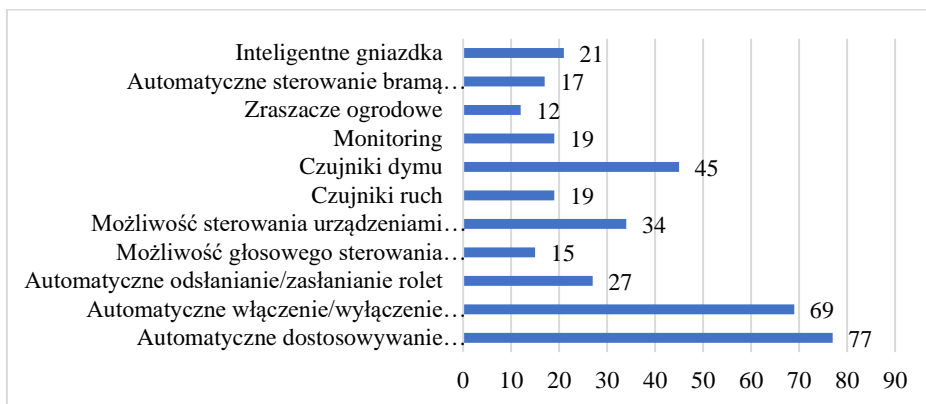
Kolejnym pytaniem było: „Z którego z wymienionych sposobów ogrzewania domu Pana/Pani obecnie korzysta?”. Najwięcej odpowiedzi wskazywało na: „kocioł na węgiel” – 36 osób, „kocioł gazowy” – 33 osoby, „pompa ciepła” – 30 osób. Na rycinie 5 pokazano rozkład wszystkich odpowiedzi na to pytanie. Pod hasłem „inna odpowiedź” znajduje się głównie centralne ogrzewanie w domach i mieszkaniach.



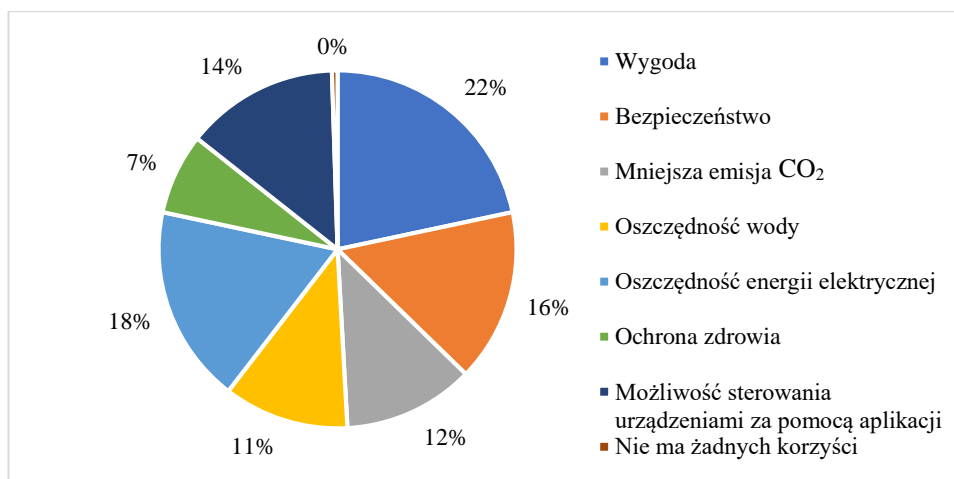
Ryc. 5. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „Z którego z wymienionych sposobów ogrzewania domu Pana/Pani obecnie korzysta?”

Jeśli chodzi o ekologiczny aspekt źródeł ogrzewania, to respondenci za najbardziej przyjazne środowisku uważają kolejny raz fotowoltaikę (aż 71 osób) oraz pompy ciepła (57 badanych). Następnie znajdują się: „ogrzewanie elektryczne” – 23, „kocioł gazowy” – 18, „kominek na drzewo” – 10, „kocioł na pellet” – 9, „kocioł na węgiel” – 5, oraz jedna osoba uważa, że centralne ogrzewanie.

Uczestnicy zostali zapytani następnie o znajomość określenia „SmartHome” w celu przejścia do następnego pytania. Po przeanalizowaniu odpowiedzi widać, że zdecydowana większość ankietowanych (87%) spotkała się z tym określeniem. Następnie poproszono o wybranie najbardziej przydatnych funkcji inteligentnego domu. Strukturę odpowiedzi przedstawiono na rycinie 6.



Ryc. 6. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „Która z wymienionych funkcji inteligentnych domów jest najbardziej przydatna?”

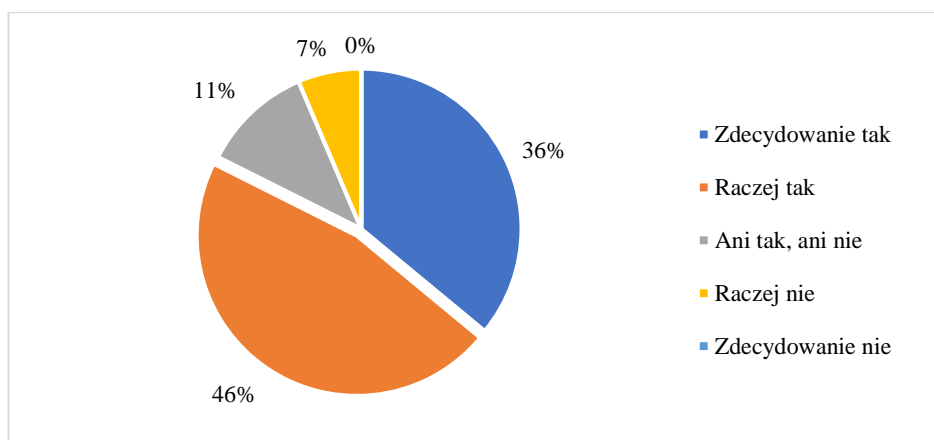


Ryc. 7. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „Jakie korzyści według Pana/Pani daje rozwiązanie Smart Home?”

Analizując zebrane odpowiedzi, można wskazać opcje: „automatyczne dostosowywanie temperatury” (77 osób) oraz „automatyczne włączanie/wyłączenie światła” (69 osób), za najczęściej wybierane. Ponadto duża liczba osób uważa obie opcje za najbardziej ekologiczne. Może to wynikać ze specyfiki obu rozwiązań, które nie tylko usprawniają funkcjonalność

domu, ale również zwiększają oszczędności np. w zużyciu energii elektrycznej. Zarazem 21 osób uważa „inteligentne gniazdka” za ekologiczne zapewne za sprawą ich funkcji – dzięki nim istnieje możliwość kontrolowania przepływu prądu. Za przydatne rozwiązanie 45 osób uważa czujnik dymu, co świadczy o potrzebie bezpieczeństwa przy ewentualnym stanie zagrożenia. Pozostałe odpowiedzi: „możliwość sterowania urządzeniem typu smartfon bądź głosem”, „czujniki ruchu” itp., otrzymały mało zróżnicowaną liczbę głosów. Może to wynikać z mniejszej lub podobnej przydatności tych rozwiązań według ankietowanych.

Na rycinie 7 przedstawiono strukturę odpowiedzi na temat korzyści związanych z rozwiązaniem Smart Home. Zróżnicowanie odpowiedzi jest bardzo małe. Respondenci najczęściej wybierali opcje: „wygoda” (22%), „oszczędność energii elektrycznej” (18%), „bezpieczeństwo” (16%). Według uczestników badania te warianty są najbardziej korzystne, co wynika prawdopodobnie z możliwości połączenia przyjemnego z pożytecznym, a także z możliwości zapewnienia bezpieczeństwa sobie i najbliższym dzięki funkcjom inteligentnego domu.



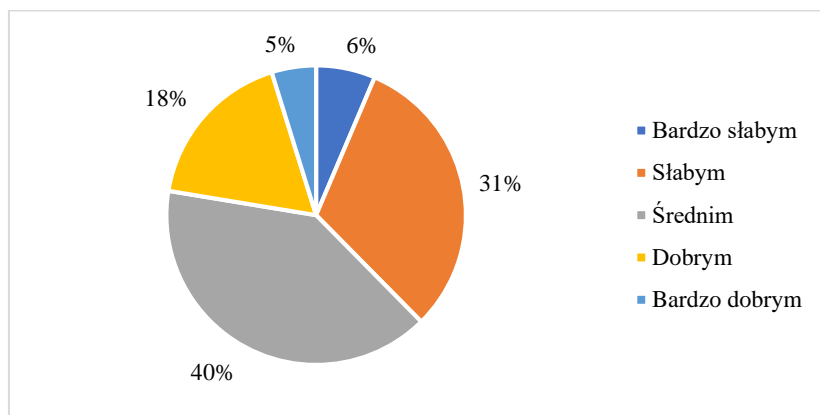
Ryc. 8. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „Czy budując dom, zdecydowałby się Pan/zdecydowałaby się Pani na skorzystanie z rozwiązania Smart Home?”

Następnie uczestników badania zapytano: „Czy budując dom, zdecydowałby się Pan/zdecydowałaby się Pani na skorzystanie z rozwiązania Smart Home?”. Strukturę odpowiedzi przedstawiono na rycinie 8.

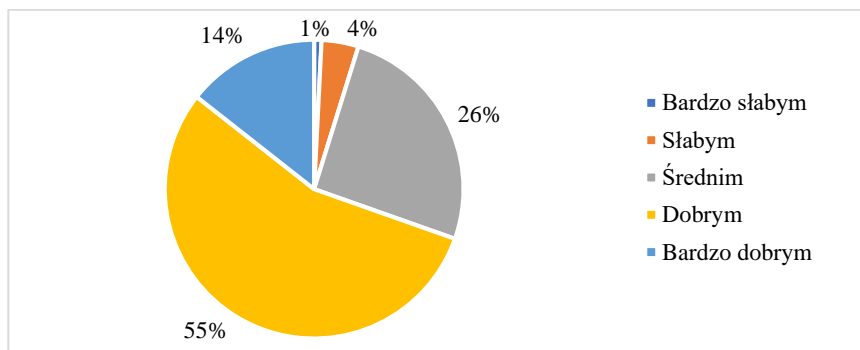
Z przeprowadzonego badania niezaprzeczalnie wynika, że prawie połowa ankietowanych (46%), wskazując na odpowiedź „raczej tak”, prawdopodobnie wybrałyby rozwiązanie inteligentnego domu. Spośród respondentów 36% jest zdecydowanie zwolennikami zastosowania tej innowacji. Świadczy to o znajomości zalet wskazanej możliwości oraz o chęci zaznajomienia się z funkcjami inteligentnego domu, a także zapewnienia bezpieczeństwa i wygody sobie i najbliższym. Stanowiska w tej sprawie nie obrało 11%, również niewielki odsetek ankietowanych raczej nie zdecydowałby się na skorzystanie z rozwiązania Smart Home, co może wynikać z niedostatecznego przekonania do tego rozwiązania.

Na koniec badania poproszono ankietowanych o ocenę rozwinięcia budownictwa ekologicznego w Polsce i Europie. Wyniki przedstawiono na rycinach 9 i 10.

Według ankietowanych budownictwo ekologiczne w Polsce jest rozwinięte w stopniu średnim (40%), zaś 31% osób uważa, że w słabym. Niewielki odsetek badanych ocenia rozwój ww. budownictwa jako „bardzo dobry” i „dobry”. Świadczyć to może o świadomości społeczeństwa, że ta gałąź gospodarki dopiero zaczyna się rozwijać. Zdecydowana większość ankietowanych uważa natomiast, że Europa jako ogół ma bardziej rozwinięte budownictwo ekologiczne. Tutaj w sumie 5% procent osób ocenia stopień doskonałości budownictwa jako „słaby” i „bardzo słaby”. Aż 55% plasuje ten sektor ekologii na poziomie dobrym, a 14% na bardzo dobrym. Taka ocena może świadczyć o tym, że Polska znajduje się nieco w tyle, jeśli chodzi o wdrażanie nowych rozwiązań ekologicznych w budownictwie.



Ryc. 9. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „W jakim stopniu dla Pana/Pani rozwinięte jest budownictwo ekologiczne w Polsce?”



Ryc. 10. Struktura odpowiedzi respondentów na pytanie: „W jakim stopniu dla Pana/Pani rozwinięte jest budownictwo ekologiczne w Europie?”

Podsumowanie

W świetle przedstawionych danych dotyczących świadomości ekologicznej oraz ekologicznych rozwiązań w budownictwie można stwierdzić, że polskie społeczeństwo posiada wiedzę na temat ochrony środowiska i zwraca uwagę na związane z nią zagadnienia.

Niewielki procent respondentów nie stosuje żadnych ekologicznych rozwiązań w swoich domach, co świadczy o tym, że społeczeństwu nie jest obojętna ochrona środowiska. Ankietowani najczęściej stosują urządzenia energooszczędne oraz zbiorniki na deszczówkę. Budownictwo natomiast stawia na ekologiczne rozwiązania w postaci materiałów, takich jak ściany prefabrykowane szkieletowe, membrany czy materiały pochodzące z recyklingu. Oprócz tego dużą rolę odgrywa wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. W głównej mierze gałąź ta skupia się na energii słonecznej, dzięki której energia elektryczna jest wytwarzana i magazynowana.

Bibliografia

- Backiel-Brzozowska B., 2014. Budownictwo z gliny i słomy – wstępna ocena wybranych aspektów trwałości. *Inż. Ekol.* 40, 208–2016. <https://doi.org/10.12912/2081139X.83>
- Gajewicz P., 2021. Samowystarczalne domy, czyli budownictwo zeroenergetyczne i heliotropy, <https://www.morizon.pl/blog/samowystarczalne-domy-czyli-budownictwo-zeroenergetyczne/> [dostęp: 07.04.2022].
- Kietliński W., 2015. Budownictwo ekologiczne i energooszczędne budownictwem przyszłości. *Przeł. Bud.* 2, 36–41.
- Kłós L., 2015. Świadomość ekologiczna Polaków – przegląd badań. *Studia i Prace WNEiZ US* 42(2), 35–44.
- Moneta M., 2021. Inteligentny dom – co to znaczy i ile kosztuje, <https://rynekpierwotny.pl/wiadomosci-mieszkaniowe/inteligentny-dom-co-znaczy-i-ile-kosztuje/9065/> [dostęp: 07.04.2022].
- Sulikowska O., Brzuzy A., 2019. System inteligentny dom – nowoczesna technologia stosowana w budownictwie. *Biuletyn WAT* 68(2), 71–80. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.3004>
- Szpunar M., 2014. Nowa ekologia mediów. *Studia Hum. AHG*, 13, 1.

Fitopatometria smółowatej plamistości liści klonu na liściach *Acer platanoides* i *Acer pseudoplatanus*

Phytopathometry of tar spot of maple on leaves of *Acer platanoides*
and *Acer pseudoplatanus*

Grzyby rodzaju *Rhytisma* (łuszczeniec) są bardzo pospolitymi patogenami drzew w umiarkowanej strefie klimatycznej [Hou i Piepenbring 2005]. Choroba przezeń wywoływana jest nazywana smółowatą plamistością liści, która szczególnie rozpowszechniła się w parkach [Mańka 1993], przydomowych ogródkach czy śródpolnych zadrzewieniach. Największe znaczenie odgrywa ona jednak w szkółkach, w szczególności u najmłodszych drzewek (siewki) [Mańka 1993, Szwałkiewicz 2009, Masternak 2016] i nie odgrywa istotnej roli w procesach chorobowych drzewostanów [Koehler 1977]. W przypadku klonu sprawcami choroby w Europie są *Rhytisma acerinum* (łuszczeniec klonowy) i *Rhytisma punctatum* (łuszczeniec punktowy) [Duravetz i Morgan-Jones 1971] oraz dodatkowo *Rhytisma americanum* w Ameryce Północnej [Held i in. 2018].



Ryc. 1. Porównanie oznak etiologicznych – skleroty *Rhytisma punctatum* (po lewej) i *Rhytisma acerinum* (po prawej) otoczone chlorotyczną obwódką

Patogeny te tworzą na liściach czarne sklerocja z pyknidiami i apotecjami [Mańka 1993], które się powiększają i zlewają w jednolitą smolistą plamę otoczoną kontrastującą chlorotyczną obwódką [Mańka 2005, Masternak 2016], których może być od jednej do bardzo wielu [Mańka 2005] – rycina 1. Grzyb nie atakuje pędów i owoców [Lohrer 2013].

¹ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, tobiaszcz@interia.pl

Plamy z dojrzewającym grzybem rozwijają liniowe lub zawile zgrubienia przypominające grzbiety (ryc. 2), które unoszą grubą czarną warstwę na górnej powierzchni plamy. Ostatecznie powierzchnia pęka i odsłania szarawe hymenium, zawierające maczugowate worki [Weber i Webster 2002], a uwolnione askospory za pośrednictwem prądów powietrza (anemochorycznie) dokonują infekcji sąsiednich drzew [Mańka 2005, Woo i Partridge 2018].



Ryc. 2. Faktura plam – wijące się grzbiety i doliny na przykładzie *Rhytisma acerinum*

W badaniach Bevana i Greenhalgha [1976] wykazano, że *R. acerinum* może być biologicznym wskaźnikiem zanieczyszczenia powietrza tlenkiem siarki(IV). Autorzy sugerują, że gatunek ten może być przydatny do diagnozy stopnia zanieczyszczenia powietrza; im wyższa zawartość tlenku siarki(IV) w atmosferze, tym mocniej rośnie ryzyko nasilenia objawów chorobowych wywołanych przez *R. acerinum* [Bevan i Greenhalgh 1976]. Podobnie Feretová [2016] i Grzywacz [za: Koehler 1977] wykazali, że przy wyższym stężeniu tlenków SO_x (np. zmiana odczynu gleby przy oddziaływaniu kwaśnych deszczów) rośnie ryzyko zakażenia. W tych samych badaniach [Feretová 2016] stwierdzono, że klon jawor w porównaniu z klonem zwyczajnym jest bardziej podatny na zakażenie oraz że defoliacja liści porażonych następowała średnio o 2 tygodnie wcześniej niż w przypadku zdrowych. Także Náplavová i Gáper [2016] potwierdzili, że m.in. klon jawor może służyć jako bioindykator jakości powietrza. Wymienione badania sugerują, że występowanie patogenów z rodzaju *Rhytisma* jest zależne od stopnia zanieczyszczenia środowiska.

Cel badania

Oznaki etiologiczne sprawców smołowatej plamistości liści klonu wykazują intrygujące różnice w rozmiarze w zależności od rośliny gospodarza [Feretová 2016, Náplavová i Gáper 2016]. Ze względu na brak w literaturze dokładnych doniesień na ten

temat podjęto badania w celu sparametryzowania tych objawów oraz wykazania statystycznych różnic w wielkości sklerotycznych plam wytwarzanych na klonie zwyczajnym (*Acer platanoides*) i klonie jaworze (*Acer pseudoplatanus*) przez dwa występujące w Europie gatunki *Rhytisma*. Dodatkowo określono stopień porażenia liści obserwowany u obydwu gospodarzy, aby ustalić zakres redukcji powierzchni asymilacyjnej liści.

W pracy przyjęto następujące hipotezy:

- 1) sklerotyczne plamy powodowane przez oba gatunki grzybów, tj. *R. acerinum* i *R. punctatum*, są istotnie mniejsze na klonie jaworze w porównaniu z klonem zwyczajnym,
- 2) najsilniej porażane są najmłodsze liście (najmniejsze), potwierdzając istotność choroby dla siewek i młodych drzewek.

Materiał badawczy i metodyka

Materiał badawczy

Materiał badawczy składał się z regularnych, nieuszkodzonych mechanicznie liści klonów porażonych przez *R. acerinum* i *R. punctatum* z widocznym głównym (środkowym) nerwem. Materiał pochodził z kilkunastu stanowisk południowej części Polski z terenu trzech województw: śląskiego, małopolskiego i łódzkiego, według których wyróżniono trzy rejony pochodzenia próbek: I – obszary wyłącznie w granicach woj. śląskiego, II – Kraków i najbliższe okolice, oraz III – wszystkie pozostałe lokalizacje. W zakresie prac wstępnych dokonano:

- identyfikacji gatunku żywiciela (Kl – klon zwyczajny, Jw – klon jawor),
- identyfikacji gatunku patogenu (Ra – *Rhytisma acerinum*, Rp – *Rhytisma punctatum*),
- pomiaru długości głównego (środkowego) nerwu liścia z dokładnością do 0,05 cm (od punktu nasady liścia bez ogonka po górny kraniec blaszki liścia) przy użyciu linijki,
- pomiaru dwóch średnic plam z dokładnością do 0,01 cm (bez obszaru objętego chlorozą; pomiary w orientacji prostopadłej lub zbliżonej do prostopadłej) przy użyciu suwmiarki,
- odnotowania dla każdego liścia liczby plam,
- odnotowania dla każdego liścia lokalizacji pozyskania i przydzielenia do danej strefy.

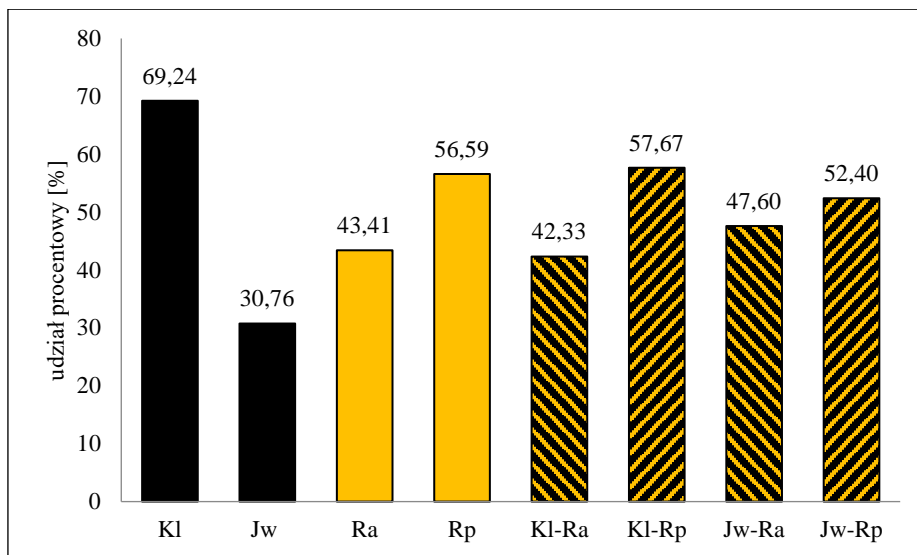
W tabeli 1 zamieszczono liczbę pozyskanych danych odnośnie do liczby liści i liczby plam patogenu, a na rycinie 3 przedstawiono procentowy udział poszczególnych wielkości. Łączna liczba danych przekroczyła 13 000. Liście klona zwyczajnego stanowiły 8715 sztuk, a klonu jawora – 3872 szt., natomiast liczba plam w przypadku obu patogenów była zbliżona (*R. acerinum* – 7838, *R. punctatum* – 7055). Częstość występowania plam *R. acerinum* wśród klonów była zbliżona i wynosiła na klonie zwyczajnym 212 plam na 100 liści, a na klonie jaworze – 189 plam na 100 liści. Natomiast w przypadku *R. punctatum* zaobserwowano najwyższe dysproporcje częstości plam, wartości wahały się odpowiednio dla gatunków klonów od 140 do 348 plam na 100 liści. Efekt ten pokazuje, że klon zwyczajny niezależnie od gatunku patogenu był porażany ze średnią częstotliwością 176 plam na 100 liści, a klon jawor – 268 plam na 100 liści. Na podstawie

tych wartości wynika wstępnie, że częstość występowania plam jest zależna od obu gatunków żywiciela lub patogenu.

W przypadku klonu zwyczajnego liczba występujących plam była znacząco rzadsza (tab. 1), stąd zaistniała większa potrzeba pozyskania większej liczby liści tego gatunku, co potwierdzają pozostałe dane przedstawione na rycinie 3. Dążono bowiem do otrzymania porównywalnej liczby danych w zakresie wyróżnionych relacji troficznych.

Tabela 1. Liczba zebranych liści oraz średnia liczba plam przypadająca na 100 liści w rozróżnieniu na gatunek gospodarza i patogenu

Gatunek żywiciela	Liczba liści z objawami – razem	Liczba liści z objawami	
		<i>Rhytisma acerinum</i>	<i>Rhytisma punctatum</i>
<i>Acer platanoides</i>	8715	3689	5026
<i>Acer pseudoplatanus</i>	3872	4148	2029
Gatunek patogenu	Liczba plam na liściach – razem	Średnia liczba plam na 100 liści	
		<i>Acer platanoides</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
<i>Rhytisma acerinum</i>	7838	212	189
<i>Rhytisma punctatum</i>	7055	140	348

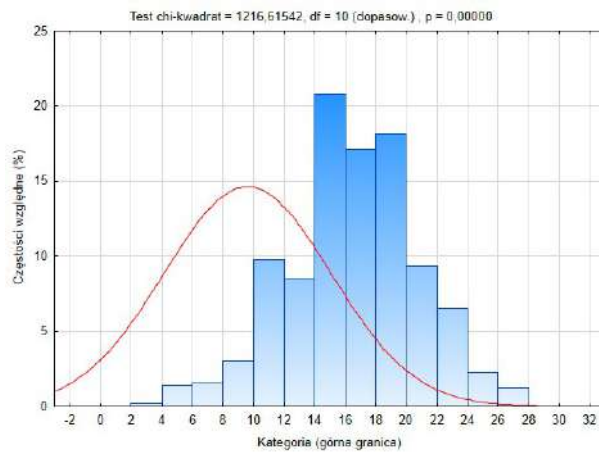


Ryc. 3. Udział procentowy poszczególnych danych o liczbie oznak etiologicznych w rozróżnieniu na gatunki gospodarza i patogenu oraz na relację troficzną między nimi, gdzie: czarne słupki dotyczą gatunków kłona, żółte – gatunków patogenów, szraflowane – poszczególnych zależności troficznych (przyjęto symbolikę: Kl – klon zwyczajny, Jw – klon jawor, Ra – *R. acerinum*, Rp – *R. punctatum*; tj. Kl-Ra: udział liczby plam na klonie zwyczajny porażonym przez *R. acerinum*)

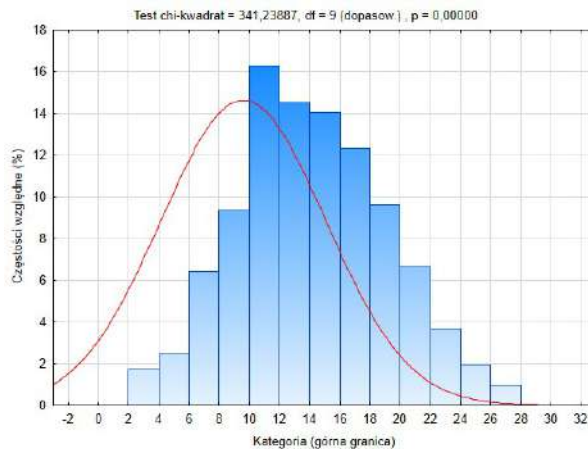
Pomiary plam etiologicznych

Na bazie zmierzonych średnic plam etiologicznych (d_1 – pierwsza średnica plamy, d_2 – druga średnica plamy mierzona prostopadłe do d_1) obliczono wartość średnią (\bar{d}). Następnie dokonano analizy rozkładu danych z użyciem testu Shapiro-Wilka dla każdego gatunku patogenu i żywiciela za pomocą sporządzonych histogramów w programie Statistica (wersja 13.3) – ryciny 4 i 5. Z uwagi na wynik analizy użyto testu nieparametrycznego w celu określenia występowania statystycznie istotnych różnic pomiędzy rozmiarami plam. Analogiczną analizę przeprowadzono dla oszacowania różnic pomiędzy wyróżnionymi obszarami pochodzenia próbek.

a)

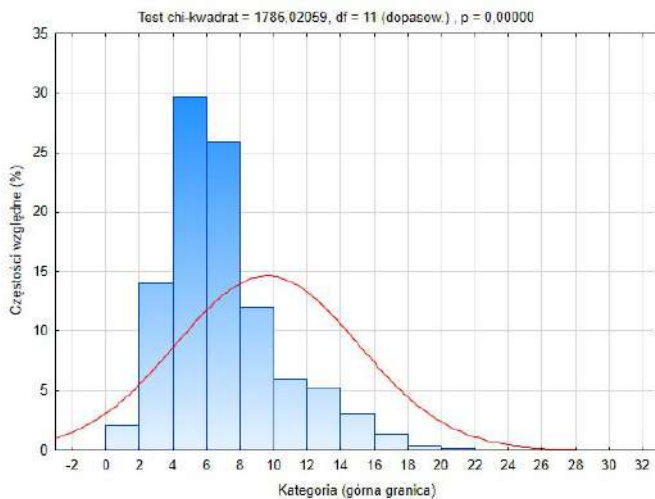


b)

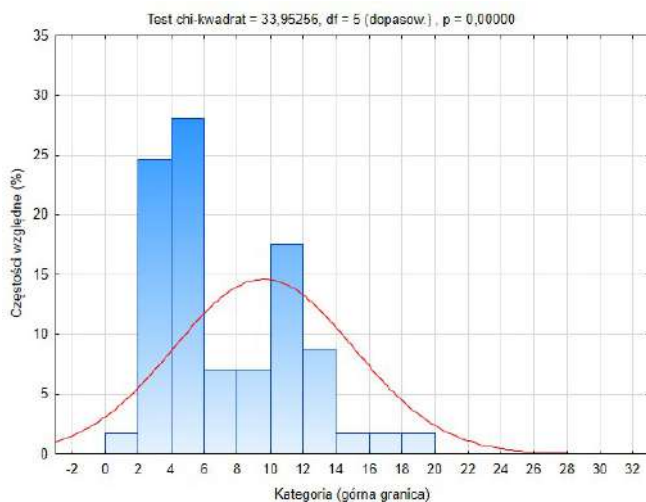


Ryc. 4. Rozkład średnic plam na klonie zwyczajnym powodowanych przez: a) *Rhytisma acerinum*, b) *R. punctatum* na tle krzywej Gaussa, gdzie „kategoria (granica górna)” odpowiadają górnej wartości klasy szeregu rozdzielczego

a)



b)



Ryc. 5. Rozkład średnic plam na klonie jaworze powodowanych przez: a) *Rhytisma acerinum*, b) *R. punctatum* na tle krzywej Gaussa, gdzie „kategoria (granica górná)” odpowiadają górnjej wartości klasy szeregu rozdzielczego

Na bazie wyliczonych średnich średnic (\bar{d}) obliczono uproszczoną powierzchnię (P_u) każdej plamy, stosując wzór:

$$P_u = \frac{\pi \bar{d}^2}{4} \quad (1)$$

Brzeży plam są bardzo niejednorodne – poszarpane (ryc. 1), dlatego obliczone powierzchnie zajmowane przez grzyba nazwano powierzchnią uproszczoną. Z uwagi na zauważalną dyspersję danych (ryc. 4. i 5) w celu wyznaczenia rzeczywistej powierzchni tychże oznak wyrównano obliczone pola poprzez wyselekcjonowanie liści klonów zawierających gatunki patogenów o jak najbardziej zróżnicowanych rozmiarach plam, reprezentujące jak najszerszy wachlarz wartości średnic. Jako rzeczywistą powierzchnię plamy przyjęto powierzchnie wyznaczone przy użyciu planimetru biegunowego (ryc. 6).

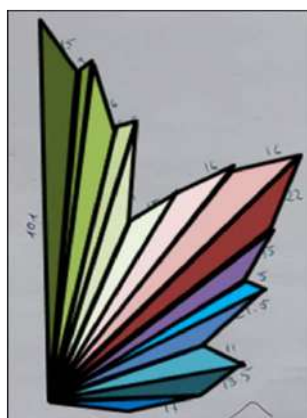
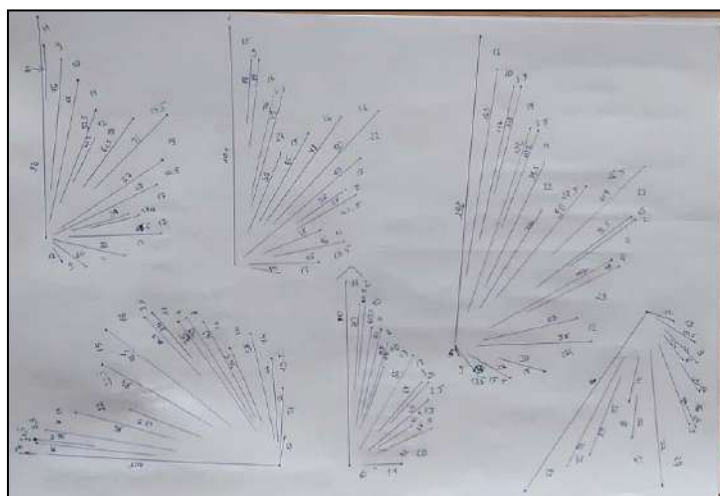


Ryc. 6. Planimetr biegunowy stosowany do wyznaczenia tzw. stałej planimetru na bazie kwadratu o polu 2500 mm^2

Najpierw określono wartość stałej planimetru na bazie kwadratu o boku 5 cm na przygotowanym fragmencie liścia w celu uwzględnienia poprawki na chropowatość powierzchni. Następnie splanimetrowano wybrane plamy. Za każdym razem wykonano pięć pomiarów, z których odrzucano dwa skrajne i wyliczono średnią z pozostałych. Iloczyn średniego odczytu i stałej planimetru to szukana powierzchnia rzeczywista, które zestawiono na wykresie odpowiadającym im polom uproszczonym. Wyznaczono funkcję trendu, która najlepiej aproksymowała ze zbiorem danych. W ten sposób wyprowadzono dwa modele (ryc. 8), za których pomocą skorygowano pola dla wszystkich plam.

Pomiar powierzchni liści

W celu obliczenia stopnia porażenia liści przez patogeny obliczono powierzchnię liści obydwu gatunków klonów, stosując autorską metodę wyznaczenia powierzchni jako rozszerzenie równania Herona na bazie triangulacji mierzonego obszaru. Wybrano liście obu gatunków drzew o różnych długościach nerwu głównego. Następnie bardzo dokładnie odwzorowano na kartce papieru skrajne oraz uśrednione punkty brzegu blaszki liścia (ryc. 7).



Rys. 7. Przykłady uproszczonego odwzorowania brzegu blaszki liścia oraz kolorystyczna wizualizacja idei

Elementami podlegającymi pomiarowi były kolejne odcinki od nasady do punktu skrajnego oraz odcinki łączące kolejno punkty wierzchołków brzegu. Poniżej zamieszczono już wyprowadzone równanie na powierzchnię dowolnego wielokąta pomierzone zgodnie z podaną metodyką:

$$P_{\text{liść}} = \sum_{i=1}^n P_i = 2 \sum_{i=1}^n \sqrt{L_i(L_i - a_i)(L_i - a_{i+1})(L_i - x_i)} \quad (2)$$

gdzie: P_i – powierzchnia i -tego segmentu, n – liczba segmentów tworzących wielokąt, a_i – i -ty odcinek od nasady, x_i – i -ty odcinek brzegu blaszki, L_i – połowa obwodu i -tego segmentu.

Uzyskane wyniki zestawiono z długościami głównego nerwu liści i analogicznie jak w przypadku płam wyprowadzono równania funkcji na powierzchnię liści dla obu gatunków drzew. Następnie za pomocą uzyskanych modeli (ryc. 9) wyznaczono powierzchnie dla wszystkich zebranych liści.

Ustalanie stopnia porażenia liści

Stopień porażenia liści zdefiniowano jako procentowy udział (U) powierzchni zajmowanej przez dany patogen (P) na blaszce liścia danego żywiciela (\mathcal{Z}). Poziom porażenia każdego liścia obliczono według wyprowadzonego wzoru:

$$U_{\mathcal{Z}/P} = \frac{50 \sum_{j=1}^k P(Pu_j)}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (3)$$

gdzie: $P(Pu_j)$ – funkcja wyrównująca powierzchnię uproszczoną P_u dla j -tej plamy, k – liczba plam na danym liściu, P_i – powierzchnia i -tego segmentu liścia, n – liczba segmentów liścia.

Wyniki zestawiono na wykresach zależności udziału porażenia (w %) od powierzchni blaszki (w cm^2); ryciny 10–12.

Wyniki i dyskusja

Wyniki podstawowej analizy statystycznej wielkości plam powodowanych przez poszczególne patogeny *Rhytisma* na danych gatunkach klonów zawarto w tabeli 2. Średnie rozmiary plam na klonie zwyczajnym zaatakowanym przez *R. acerinum* i *R. punctatum* wynosiły odpowiednio 16,68 mm i 14,43 mm, natomiast w przypadku klonu jawora te same wymiary wynosiły odpowiednio 7,15 mm i 7,46 mm. Oznacza to, że w przybliżeniu rozmiary oznak etiologicznych na klonie zwyczajnym były dwa razy większe. Do analogicznych wniosków można dojść na bazie analizy poszczególnych percentyli, np. dla 50. percentylu *R. acerinum* powodował na klonie zwyczajnym i klonie jaworze plamy o wielkościach odpowiednio 17,0 i 6,5 mm, a *R. punctatum* – 14,0 i 6,0 mm (tab. 2).

Tabela 2. Podstawowa statystyka rozmiarów oznak etiologicznych

Cecha	Żywiciel	Patogen	Średnia	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Percentyl					Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności	Skośność	Kurtoza
						10	30	50	70	90				
						[mm]								
Średnica średnia	Kl	Ra	16,68	3,80	27,50	11,0	15,0	17,0	19,0	22,0	4,299	25,774	-0,219	-0,000
		Rp	14,43	2,50	28,00	8,0	11,5	14,0	17,0	21,0	4,993	34,596	0,146	-0,318
	Jw	Ra	7,15	0,75	24,25	3,5	5,3	6,5	8,0	12,5	3,410	47,681	1,152	1,474
		Rp	7,46	2,00	19,50	3,0	4,5	6,0	10,5	13,5	4,248	56,944	0,811	-0,142

Kl – klon zwyczajny, Jw – klon jawor, Ra – *R. acerinum*, Rp – *R. punctatum*

Populacja generalna średnich średnic plam cechuje się zauważalną dyspersją (ryc. 4 i 5, tab. 2), w szczególności na liściach klonu jawora, gdzie rozkład jest typowo platykurtyczny (kurtoza wynosi 1,474) i silnie odbiegający od rozkładu normalnego (czerwona krzywa). Natomiast objawy na klonie zwyczajnym są równomierniej rozmieszczone (kurtoza jest bliska zeru), przy czym *R. acerinum* cechuje się lewoskośnym rozkładem (skośność wynosząca -0,219), w pozostałych relacjach troficznych rozkład jest prawoskośny i mniej równomierny. Najbardziej zbliżony do rozkładu normalnego jest rozkład *R. punctatum* na klonie zwyczajnym, co potwierdza wynik testu Shapiro-Wilka (tab. 3).

Tabela 3. Wyniki testu Shapiro-Wilka średnich rozmiarów plam etiologicznych w zależności od relacji troficznej gospodarza i patogenu (kursywą oznaczono istotne statystycznie parametry, tj. $p < 0,05$)

Test normalności Shapiro-Wilka				
Zmienna	żywiciel	patogen	statystyka W	statystyka p
Średnica	<i>Acer platanoides</i>	<i>Rhytisma acerinum</i>	0,993810	0,042488
		<i>Rhytisma punctatum</i>	0,994404	0,144359
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Rhytisma acerinum</i>	0,921681	0,000000
		<i>Rhytisma punctatum</i>	0,909713	0,000433

Dla trzech z czterech przypadków wykazano brak zgodności z rozkładem normalnym, w związku z czym analizę różnic wielkości plam etiologicznych należało przeprowadzić przy użyciu testu nieparametrycznego (tab. 4).

Tabela 4. Wyniki testu Manna-Whitneya dla dwóch wariantów (kursywą oznaczono istotne statystycznie parametry, tj. $p < 0,05$)

Test nieparametryczny U Manna-Whitneya (z poprawką na ciągłość)								
Wariant	patogen	statystyka: suma rang		statystyka U	statystyka Z	statystyka p	statystyka Z z poprawką	statystyka p z poprawką
		Kl	Jw					
A	Ra	1123777	2380852	55605,5	30,99292	0	31,00185	0
	Rp	102310,5	115105,5	32452,5	28,58184	0	28,58471	0
wariant	żywiciel	Ra	Rp	statystyka U	statystyka Z	statystyka p	statystyka Z z poprawką	statystyka p z poprawką
B	Kl	248144,5	154608,5	71987,5	7,167921	0	7,170852	0
	Jw	2388407	101384,5	59731,5	0,359957	0,718879	0,360132	0,718749

A – analiza wielkości oznak etiologicznych w zależności od porażanego klonu, B – analiza wielkości oznak etiologicznych pomiędzy patogenami

Kl – klon zwyczajny, Jw – klon jawor, Ra – *R. acerinum*, Rp – *R. punctatum*

Na podstawie wyniku testu (wariant A) potwierdzono, że występują statycznie istotne różnice w rozmiarach plam powodowanych zarówno przez *R. acerinum*, jak i *R. punctatum* pomiędzy gatunkami klonu. W celu sprawdzenia, czy podobne efekty można dostrzec między wyróżnionymi rejonami pochodzenia próbek (tab. 5), wykonano testy normalności, a następnie testy Scheffégo (tab. 6). W pierwszym przypadku wykazano,

że plamy te znacząco różnią się między sobą w zależności od lokalizacji. Stało się to asumptem do przeprowadzenia drugiej analizy, w której także potwierdzono istotne różnice pomiędzy gatunkami klonów w obrębie każdej z wyróżnionych stref. Okazuje się więc, że plamy powodowane przez oba patogeny nawet przy dodatkowym rozróżnieniu na gatunek żywiciela również wykazywały istotne rozbieżności pod względem rozmiarów. Szczególnie jest to zauważalne przy zakażeniu *R. acerinum*. Można przypuszczać, że zmienność rozmiaru objawów chorobowych jest kreowana przez warunki środowiskowe, co jest zbieżne z wynikami otrzymanymi przez innych autorów [Bevan i Greenhalgh 1976, Fereťová 2016, Náplavová i Gáper 2016]. Jedynym odstępstwem był *R. punctatum*, który niezależnie od rejonu i porażanego gatunku nie wykazywał istotnych różnic pomiędzy grupami. Dostrzega się, że ten gatunek cechuje mniejsza dyspersja co do rozmiaru plam.

Tabela 5. Wyniki testu Scheffégo dla rozmiarów plam patogenu w zależności od miejsca pochodzenia zarażonego materiału (kursywą oznaczono istotne statystycznie parametry, tj. $p < 0,05$)

Test nieparametryczny Scheffégo						
układ	układ 1	układ 2	układ 3	układ 4	układ 5	układ 6
	M = 6,9706	M = 13,092	M = 14,722	M = 11,593	M = 15,641	M = 13,350
Ra S ₁ – układ 1	–	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ra S ₃ – układ 2	0,0000	–	0,0002	0,1379	<i>3E-05</i>	0,9931
Ra S ₂ – układ 3	0,0000	0,0002	–	0,0000	0,5002	<i>0,0039</i>
Rp S ₁ – układ 4	0,0000	0,1379	0,0000	–	0,0000	0,0415
Rp S ₃ – układ 5	0,0000	<i>3E-05</i>	0,5002	0,0000	–	0,0003
Rp S ₂ – układ 6	0,0000	0,9931	<i>0,0039</i>	0,0415	0,0003	–

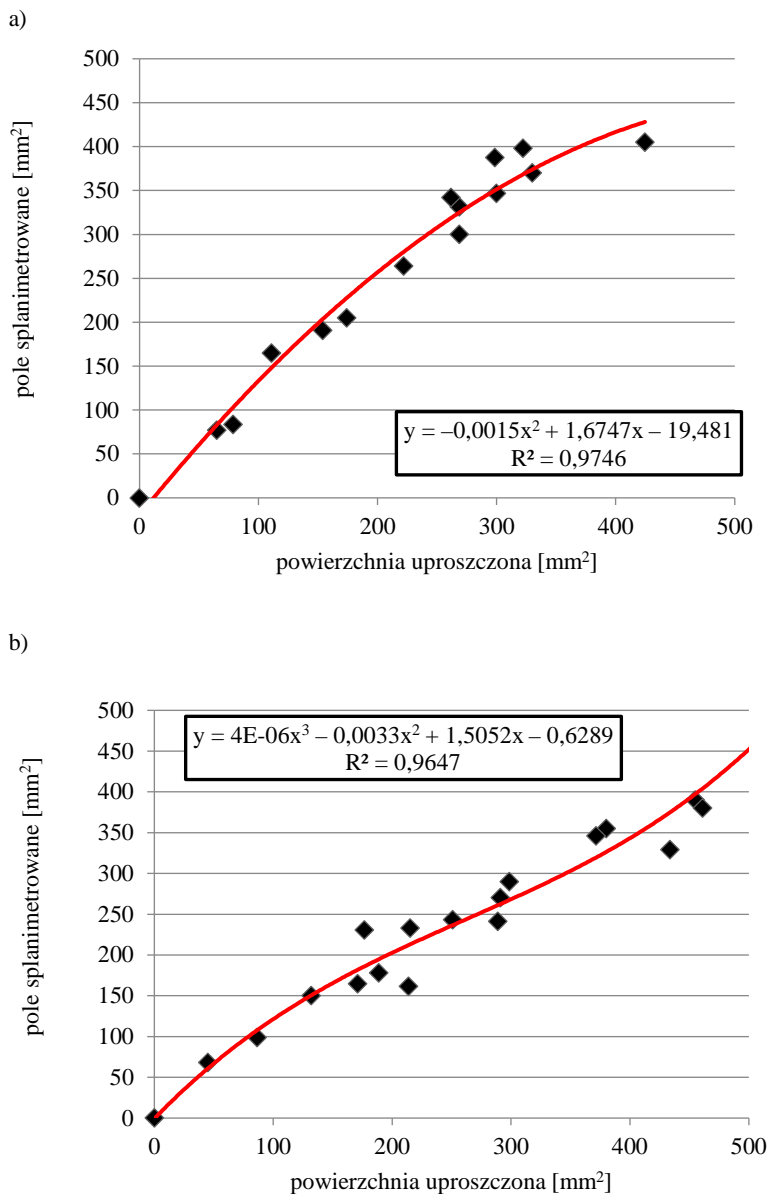
Ra – *R. acerinum*, Rp – *R. punctatum*, S₁ – strefa I (woj. śląskie), S₂ – strefa II (Kraków i okolice), S₃ – strefa III (pozostałe lokalizacje)

Tabela 6. Wyniki testu Scheffégo dla rozmiarów plam pomiędzy strefami z rozdziałem na gatunki drzew (kursywą oznaczono istotne statystycznie parametry, tj. $p < 0,05$)

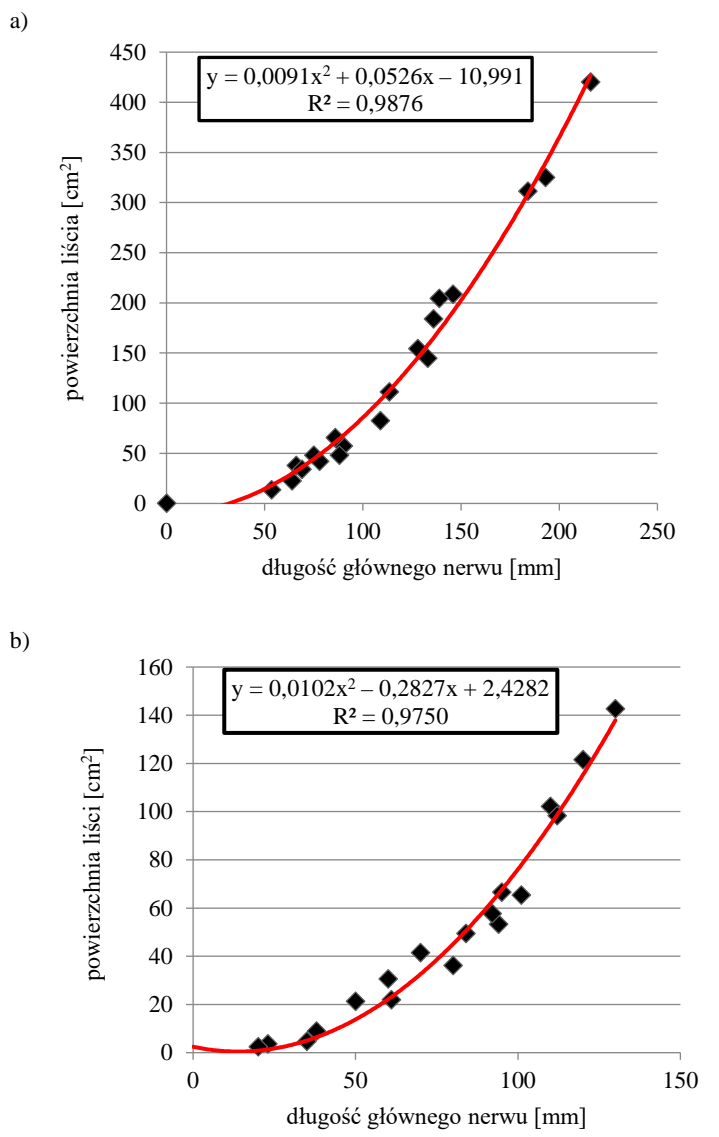
Test nieparametryczny Scheffégo												
statystyka M	16,09	5,98	18,09	11,72	16,82	12,35	15,25	4,516	16,91	11,07	13,37	8,50
układ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ra S1 K1 – 1	–	0,0000	0,11871	0,0000	0,9021	0,0000	0,98716	0,0000	0,96871	0,0000	0,0000	0,89188
Ra S1 Jw – 2	0,0000	–	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,83865	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Ra S3 K1 – 3	0,11871	0,0000	–	0,0000	0,78311	0,0000	<i>0,01888</i>	0,0000	0,94524	0,0000	0,0000	0,62301
Ra S3 Jw – 4	0,0000	0,0000	0,0000	–	0,0000	0,9671	0,0000	0,0000	0,0000	0,99996	<i>0,00159</i>	0,99994
Ra S2 K1 – 5	0,9021	0,0000	0,78311	0,0000	–	0,0000	0,38062	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,81077
Ra S2 Jw – 6	0,0000	0,0000	0,0000	0,9671	0,0000	–	<i>4,9E-05</i>	0,0000	0,0000	0,97876	0,35036	0,99966
Rp S1 K1 – 7	0,98716	0,0000	<i>0,01888</i>	0,0000	0,38062	<i>4,9E-05</i>	–	0,0000	0,54114	<i>0,00129</i>	0,1054	0,95442
Rp S1 Jw – 8	0,0000	0,83865	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	–	0,0000	0,0000	0,0000	0,99958
Rp S3 K1 – 9	0,96871	0,0000	0,94524	0,0000	1,0000	0,0000	0,54114	0,0000	–	0,0000	0,0000	0,80206
Rp S3 Jw – 10	0,0000	0,0000	0,0000	0,99996	0,0000	0,97876	<i>0,00129</i>	0,0000	0,0000	–	0,36579	1,0000
Rp S2 K1 – 11	0,0000	0,0000	0,0000	<i>0,00159</i>	0,0000	0,35036	0,1054	0,0000	0,0000	0,36579	–	0,99683
Rp S2 Jw – 12	0,89188	1,0000	0,62301	0,99994	0,81077	0,99966	0,95442	0,99958	0,80206	1,0000	0,99683	–

Ra – *R. acerinum*, Rp – *R. punctatum*, S₁ – strefa I (woj. śląskie), S₂ – strefa II (Kraków i okolice), S₃ – strefa III (pozostałe lokalizacje), K1 – klon zwyczajny, Jw – klon jawor

W drugiej części pracy określono poziom porażenia liści przez patogeny. Zestawiono wyprowadzone modele dotyczące wyrównania powierzchni uproszczonych plam (ryc. 8) oraz wyliczenia powierzchni liści w zależności od długości głównego nerwu (ryc. 9).



Ryc. 8. Modele dotyczące powierzchni plam powodowanych przez: a) *Rhytisma acerinum*, b) *Rhytisma punctatum*

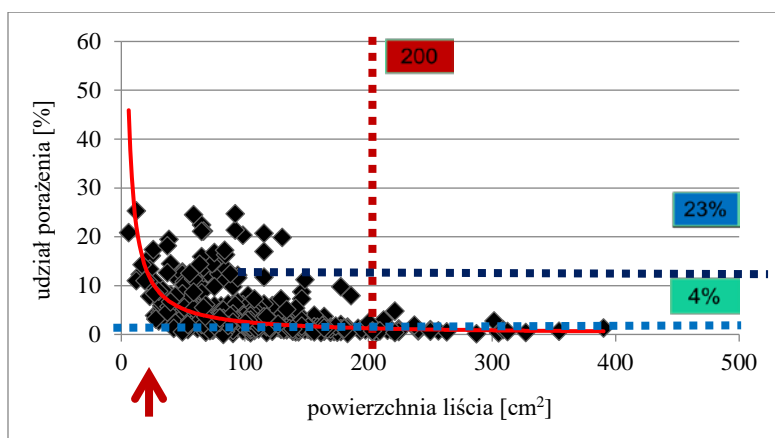


Rys. 9. Modele dotyczące powierzchni liści: a) klonu zwyczajnego, b) klonu jawora

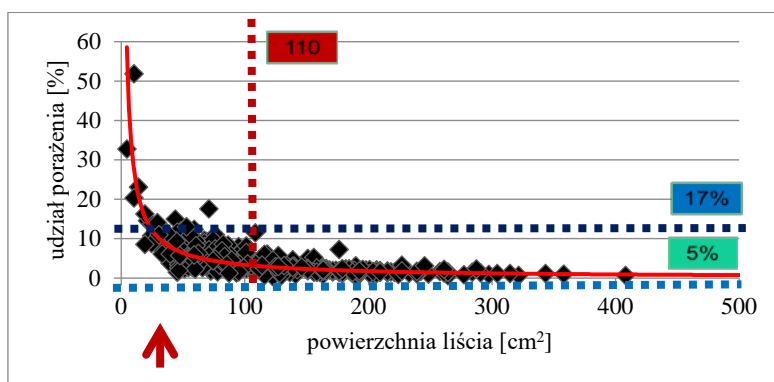
Wyprowadzone modele cechowały się wysoką wartością współczynnika determinacji (od 96,47% do 98,76%). Na ich podstawie wyliczono potrzebne pola i wyznaczono dla każdego liścia poziom porażenia. Wyniki zestawiono na wykresach w odniesieniu do powierzchni blaszki dla trzech relacji troficznych: klon zwyczajny – *R. punctatum* (wariant 1; ryc. 10), klon zwyczajny – *R. acerinum* (wariant 2; ryc. 11) i klon jawor – *R. acerinum* (wariant 3; ryc. 12).

Wykazano, że klon zwyczajny najczęściej był porażony średnio na poziomie do 5%, a klon jawor – do 4 %, jednak w obu przypadkach całkowite porażenie nie przekraczało 25%.

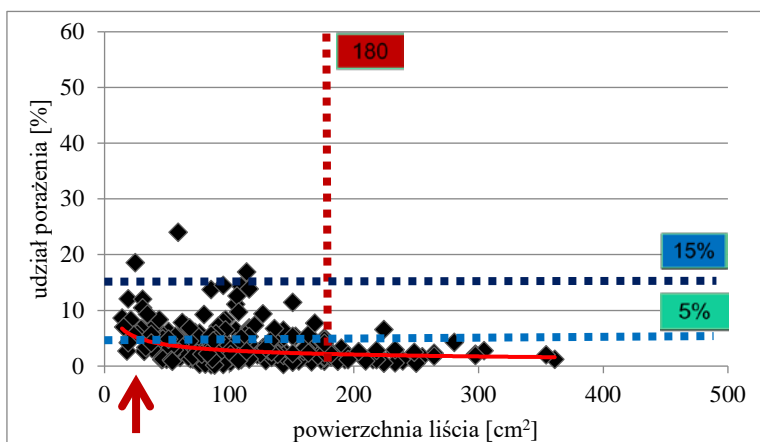
Niebieskimi liniami przerywanymi oznaczono rozpiętość najintensywniejszego poziomu porażenia liści, bordowa linia przerywana i strzałka wskazują przedział wielkości najczęściej atakowanych liści. Czerwoną krzywą cechuje malejąca monotoniczność udziału porażenia w funkcji powierzchni liści. Wraz ze wzrostem powierzchni udział porażenia maleje, jednak zauważalnie różni się dla najmłodszych (najmniejszych) liści, gdzie efekt ten jest najwyższy. Niezależnie od wielkości liści wskaźnik utrzymuje się na poziomie 4–5%, przy czym w przypadku *R. acerinum* górna granica wynosi 15–17%, zaś dla *R. punctatum* to ok. 23%. W wariancie 1 najczęściej i najintensywniej były porażane liście o powierzchni ok. 25–200 cm² (ryc. 10), dla wariantu 2 – liście o powierzchni ok. 25–110 cm² (ryc. 11), dla wariantu 3 – o powierzchni 20–180 cm² (ryc. 12). Wynika z tego, że największe zróżnicowanie stopnia porażenia występuje w przypadku klonu zwyczajnego zainfekowanego przez *R. punctatum*, a najniższe dla wariantu 2.



Ryc. 10. Zależność porażenia klonu zwyczajnego przez *Rhytisma punctatum* w zależności od wielkości liścia (wariant 1); strzałką oznaczono punkt na osi poziomej (ok. 25 cm²) będący dominującą minimalną wartością powierzchni liści



Ryc. 11. Zależność porażenia klonu zwyczajnego przez *Rhytisma acerinum* w zależności od wielkości liścia (wariant 2); strzałką oznaczono punkt na osi poziomej (ok. 25 cm²) będący dominującą minimalną wartością powierzchni liści



Ryc. 12. Zależność porażenia klonu jawora przez *Rhytisma acerinum* w zależności od wielkości liścia (wariant 3); strzałką oznaczono punkt na osi poziomej (ok. 20 cm²) będący dominującą minimalną wartością powierzchni liści

W każdym przypadku największa częstotliwość choroby obejmuje najmłodsze i młode liście, co potwierdza znaczenie choroby dla siewek i młodych drzew. Warto zwrócić uwagę, że uszkodzony aparat fotosyntezujący obniża kondycję i tempo przyrostu drzew [Błaszowski i in. 1999, Shota i in. 2010], a przy silnym porażeniu może prowadzić do przedwczesnego opadu liści [Hou i in. 2009, Feretová 2016]. Natomiast na przykładzie *Salix polaris* grzyby rodzaju *Rhytisma* także obniżały wielkość produkcji pierwotnej rośliny [Shota i in. 2010]. Przytoczone badania potwierdzają negatywny wpływ porażenia przez *Rhytisma* sp. na rozwój roślin.

Wnioski

1. Wykazano statystycznie, że rozmiary plam etiologicznych *Rhytisma acerinum* i *Rhytisma punctatum* są średnio około dwukrotnie większe na klonie zwyczajnym niż klonie jaworze.
2. Rozkład rozmiarów plam *R. punctatum* jest bardziej platykurtyczny (spłaszczony) od *R. acerinum* – cechuje je większa zmienność w obrębie rozmiarów.
3. Niezależnie od wielkości liści średni udział powierzchni liścia wyłączonej z fotosyntezy utrzymuje się na poziomie 4–5% przy maksymalnej wartości wynoszącej 15–17% w przypadku *R. acerinum* i ok. 23% dla *R. punctatum*. Oznacza to, że klon zwyczajny jest bardziej narażony na infekcję przez *R. punctatum*.
4. Udział powierzchni oznak etiologicznych do powierzchni liścia nie przekraczał w żadnym przypadku ok. 25%, co oznacza, że przy porażeniu całego listowia u pojedynczego drzewa można się spodziewać ograniczenia fotosyntezy nie większej niż 25%.
5. Choroba wywołwana przez oba gatunki *Rhytisma* stanowi zagrożenie dla najmłodszych i młodych liści klonów z uwagi na największą częstotliwość i intensywność ich porażenia.
6. Wyniki badań potwierdzają znaczenie choroby wśród najmłodszych drzew, co sugeruje potrzebę ochrony w początkowych etapach rozwoju rośliny.

Bibliografia

- Bevan R., Greenhalgh G., 1976. *Rhytisma acerinum* as a biological indicator of pollution. *Environ. Poll.*, 10(4), 271–285.
- Błaszowski J., Tadych M., Madej T., 1999. Przewodnik do zajęć z fitopatologii. Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie.
- Duravetz J., Morgan-Jones J., 1971. Ascocarp development in *Rhytisma acerinum* and *R. punctatum*. *Canadian J. Bot.*, 49(8), 1267–1272.
- Feretová M., 2016. The impact of air pollution on the occurrence of bioindicator *Rhytisma acerinum* L. and its potential use in the production of biomass. *Sci. Stays True Here. Adv. Ecol. Environ. Res.*, 14–42.
- Held B., Hoffmeister D., Blanchette R., 2018. Occurrence of European tar spot (*Rhytisma acerinum*) on Norway maple (*Acer platanoides*) causing severe infections in Minnesota. *Plant Dis.*, 102(12), 2655.
- Hou C.L., Piepenbring M., 2005. Known and two new species of *Rhytisma* (Rhytismatales, Ascomycota) from China. *Mycopathologia*, 159, 299–306.
- Hou C. L., Trampe T., Piepenbring M., 2009. A new species of *Rhytisma* causes tar spot on *Comarostaphylis arbutoides* (Ericaceae) in Panama. *Mycopathologia*, 169, 225–229 (2010), <https://doi.org/10.1007/s11046-009-9250-4>
- Koehler W., 1977. *Zarys hyopatologii*, PWN, Warszawa.
- Lohrer T., 2013. *Choroby roślin i kwiatów*. Bellona, Warszawa.
- Mańka K., Mańka M., 1993. *Choroby drzew i krzewów leśnych*. Wyd. Świat, Warszawa.
- Mańka K., 2005. *Fitopatologia leśna*, wyd. VI zmienione i poprawione. PWRiL, Warszawa.
- Masternak H., 2016. Plamy na liściach klonu, róży, różanecznika, https://ladnydom.pl/Ogrody/56,113645,15977956,Plamy_na_lisciach.html [dostęp: 21.05.2022].
- Náplavová K., Gáper J., 2016. Bioindication value of tar spot on maple trees in industrial areas: the case of Ostrava region, the Czech Republic. *Folia Oecol.*, 43(2).
- Shota M., Masaki U., Motoaki T., Satoshi I., 2010. Effect of tar spot on photosynthetic activity of polar willow in Ny-Ålesund, Svalbard. Prezentacja plakatu na 32. Sympozjum Biologii Polarnej, <http://id.nii.ac.jp/1291/00011065/> [dostęp: 06.08.2022].
- Szwalkiewicz J., 2009. *Uszkodzenia drzew leśnych – poradnik leśnika*. PWRiL, Warszawa.
- Weber R., Webster J., 2002. *Teaching techniques for mycology: 18. Rhytisma acerinum, cause of tar-spot disease of sycamore leaves*. Cambridge University Press.
- Wojdyła A., 2018. Możliwość wykorzystania fungicydów w ochronie róży przed patogenami nalistnymi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 593, 113–123, <https://doi.org/10.22630/ZPPNR.2018.593.20>
- Woo J. Y., Partridge A. D., 2018. The life history and cytology of *Rhytisma punctatum* on bigleaf maple. *Mycologia*, 61, 1085–1095, <https://doi.org/10.1080/0027554.1969.12018838>

Nauka obywatelska jako metoda budowania społecznej świadomości ekologicznej

The impact of Citizen Science on citizens' environmental awareness

Świat nauki, pomimo całej swej specyfiki, bez współpracy z interdyscyplinarnymi zespołami naukowymi i otoczeniem społecznym nie osiągnąłby obecnego stanu rozwoju. Od ponad 20 lat, wraz rozwojem ery Web 2.0, współpraca ta nabierała szczególnego charakteru. Dzięki powszechnemu dostępowi do Internetu, urzędzeń mobilnych oraz globalnej sieci pozycjonowania zbieranie danych na potrzeby prac badawczych przestało być domeną naukowców lub personelu technicznego zatrudnianego specjalnie w tym celu. Zbieranie i analizowanie danych o środowisku przyrodniczym, dzięki nauce obywatelskiej, realizowane jest w ramach partnerstwa naukowców i ogółu społeczeństwa angażujących się jako wolontariusze na rzecz badań naukowych. Pierwotnym celem nauki obywatelskiej było głębsze zaangażowanie społeczeństwa w dialog i podejmowanie decyzji dotyczących zagrożeń środowiska [Irwin 1995]. Spektrum badań naukowych realizowanych w partnerstwie z naukowcami-amatorami jest bardzo szerokie, ale to nurt badań w zakresie ekologii i zagrożeń środowiska naturalnego daje podstawy do budowania społecznej świadomości ekologicznej. W wymiarze indywidualnym świadomość ekologiczna odnosi się do przeżywania i sposobów myślenia przez jednostki o sferze przyrodniczej, a w wymiarze zbiorowym – do standardów pojmowania, przeżywania i wartościowania biosfery [Górnicki 2019]. W szerszym ujęciu świadomość ekologiczna oznacza ogół idei, wartości i opinii o środowisku przyrodniczym jako miejscu życia i rozwoju ludzi, wspólnych dla konkretnych historycznych zbiorowości. W ujęciu praktycznym świadomość ekologiczna manifestuje się stanem wiedzy, poglądów i wyobrażeń ludzi o roli środowiska w życiu człowieka, jego antropogennym obciążeniu, stopniu wyeksploatowania, zagrożenia i ochrony, w tym także stanem wiedzy o sposobach i instrumentach sterowania użytkowaniem i ochroną środowiska. W badaniach realizowanych przez Centrum Badania Opinii Społecznej przyjęto, że świadomość ekologiczna składa się z trzech elementów: wiedzy ekologicznej (wyrażającej się znajomością i zrozumieniem sposobu współistnienia człowieka z przyrodą), wrażliwości ekologicznej (emocjonalnego nastawienia do przyrody) oraz postawy proekologicznej (działań podejmowanych na rzecz ochrony środowiska przyrodniczego) [Górnicki 2019]. Świadomość ekologiczna, jako jeden z komponentów kapitału ekologicznego, wiąże się więc nie tyle z użytkowaniem przyrody, ile z ukierunkowaniem na jej zachowanie.

Cechą nowych terminów funkcjonujących w świecie nauki i jej społecznym otoczeniu jest pewna ewolucja i dopasowywanie ich użycia do potrzeb znaczeniowych. Problem jednoznacznego definiowania dotyczy również nauki obywatelskiej. Naukę tę uznaje się za

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobioinżynierii, duklewskak@gmail.com

formę edukacji pozaformalnej poprzez praktykę współpracy w badaniach naukowych [Grodzińska-Jurczak 2019]. W definiowaniu nauki obywatelskiej wyróżnia się dwa zasadnicze nurty: źródła (drogi do demokratyzacji, partycypacji, równości i sprawiedliwości społecznej w ogólnej dyskusji nauki i tworzenia agend naukowych) oraz zaangażowanie się społeczności w działalność naukową (partnerstwo naukowców i amatorów w celach naukowych). Pozwala to na tworzenie dalszych i nierozłącznych definicji opartych na rodzaju zadań, jakich podejmuje się wolontariusz lub do jakich zostaje on przydzielony przez naukowców; typie zarządzania projektem; poziomie zaangażowania naukowców-amatorów i rodzaju współpracy z naukowcami zawodowymi oraz problematyce, tematyce lub celach projektu [Grodzińska-Jurczak 2019]. Warto podkreślić, że naukowcy-amatorzy to wolontariusze, osoby niekoniecznie wykształcone, jednak przeszkolone w dziedzinach czy zadaniach danego projektu lub hobbyści o szerokiej wiedzy i umiejętnościach zdobywanych samodzielnie dzięki dostępowi do różnych źródeł wiedzy i edukacji.

W zależności od poziomu zaangażowania naukowców-amatorów w realizację zadań o różnym stopniu trudności można wyróżnić cztery zasadnicze typy projektów nauki obywatelskiej. Podstawowa aktywność to zbieranie danych, bardziej zaawansowane zadania mogą polegać na interpretacji i opisie prostych zjawisk zaobserwowanych przez wolontariuszy, trzeci poziom zaawansowania to definiowanie problemów badawczych w ścisłej współpracy z naukowcami, czwarty poziom to projekty tzw. ekstremalnej nauki obywatelskiej mogącej funkcjonować praktycznie w oderwaniu od naukowców zawodowych i samodzielnie publikować wyniki badań [Haklay 2013]. Projekty nauki obywatelskiej od innych sposobów partycypacji na rzecz badań naukowych (np. udział w badaniach ankietowych) odróżnia warunek aktywnego uczestnictwa wolontariuszy w procesie badawczym i tym samym generowanie nowej wiedzy lub umiejętności. Natomiast działania, które angażują wyłącznie osoby z wykształceniem zawodowym lub naukowym w danej dziedzinie, nie mogą być uznane za projekty nauki obywatelskiej, chyba że osoby te wykonują zadania spoza swoich umiejętności zawodowych [Haklay i in. 2021]. Bez względu na stopień trudności i poziom zaangażowania, współudział w tworzeniu osiągnięć naukowych nauki obywatelskiej staje się sposobem zdobywania nowej wiedzy, a w przypadku projektów ściśle dotyczących zagrożeń środowiska naturalnego jest również drogą do kształtowania świadomości ekologicznej. Wzajemne relacje pomiędzy nauką obywatelską a możliwością kształtowania społecznej świadomości ekologicznej pozostają wciąż nierozpoznane. Brakuje naukowych doniesień opisujących priorytet nauki obywatelskiej w zakresie kształtowania świadomości ekologicznej społeczeństwa per se. W niniejszej pracy podjęto więc próbę odpowiedzi na pytanie o priorytet kształtowania społecznej świadomości ekologicznej w ramach programów badawczych realizowanych w Europie w formule nauki obywatelskiej.

Celem badań jest rozpoznanie zakresu wdrożenia współpracy europejskiego świata nauki z naukowcami-amatorami korzystającymi z geograficznych narzędzi internetowych (GeoWeb, ang. Geospatial Web) [Kar i in. 2016] oraz analiza priorytetu kształtowania społecznej świadomości ekologicznej artykułowanego w publikacjach naukowych będących mierzalnym efektem działań nauki obywatelskiej. Wnioskowanie na temat wdrożenia modelu nauki obywatelskiej w europejskich badaniach naukowych przeprowadzono na podstawie analizy ilościowej i tematycznej zrealizowanych w Europie projektów nauki obywatelskiej. Dodatkowym czynnikiem motywującym do podjęcia tego typu analizy była uruchomiona w 2020 roku pierwsza internetowa platforma integrująca europejskie projekty nauki obywatelskiej i osoby potencjalnie zainteresowane tego typu działaniami [EPNO 2022]. Jak dotąd statystyki dotyczące europejskich projektów nauki

obywatelskiej nie były przedstawione, brakuje również doniesień na temat ewentualnych dysproporcji dotyczących stopnia rozpowszechnienia nauki obywatelskiej w poszczególnych krajach Europy. Z jednej strony przedstawione badania stanowią pierwsze ilościowe podsumowanie w temacie rozpoznawalności nauki obywatelskiej w społeczeństwie europejskim. Z drugiej strony pogłębiona analiza najnowszych prac naukowych prowadzonych w modelu nauki obywatelskiej pozwala ocenić priorytet społecznej świadomości ekologicznej nadawany projektom nauki obywatelskiej stworzonym przez świat nauki.

Materiały i metody

Praca ma charakter systematycznego przeglądu literatury naukowej oraz informacji zawartych w europejskiej platformie nauki obywatelskiej (EPNO). Ramy czasowe obejmują rok 2021, co ściśle wynika z okresu pełnej funkcjonalności EPNO. Prace badawcze zostały podzielone na dwa etapy. W pierwszym dokonano przeglądu opisu projektów badawczych wyszczególnionych w EPNO. Opisy projektów umieszczone w bazie EPNO zawierają słowa kluczowe ułatwiające wyszukiwanie inicjatyw nauki obywatelskiej o określonej tematyce. Na potrzeby identyfikacji projektów budujących świadomość ekologiczną wśród ich uczestników wybrano jeden temat kluczowy w języku angielskim: „ecology & environment”, i zgodnie z tym oznaczeniem podano liczbę projektów potencjalnie oddziaływujących na społeczną świadomość ekologiczną.

Na podstawie pozyskanych danych przygotowano podsumowanie statystyczne w postaci tabel i kartogramu. Na potrzeby tego podsumowania przeprowadzono kwerendę według kraju realizacji projektu, zliczając projekty zarówno aktywne, jak i archiwalne. Dane ilościowe pogrupowano według poszczególnych państw i przypisano do przestrzennej bazy danych (geobaza ESRI shapefile) zawierającej granice państw kontynentu europejskiego. Dane źródłowe dotyczące aktualnego przebiegu granic państwowych pobrano z otwartego zasobu danych przestrzennych EUROSTAT [2022], a następnie importowano do oprogramowania GIS, przypisując układ współrzędnych geograficznych EPSG 3857. Informacje dotyczące liczby projektów nauki obywatelskiej realizowanych w poszczególnych krajach zapisano w tabeli atrybutów geobazy. Na podstawie opracowanej bazy danych przygotowano kartogram ilustrujący liczbę projektów realizowanych w poszczególnych krajach. Dodatkowo podczas kwerendy EPNO wyszukano nazwy organizacji prowadzących projekty nauki obywatelskiej wraz z ich fizycznym adresem w wybranym mieście. Lokalizację zapisano w postaci punktowej geobazy i dodano do kartogramu. Na tej podstawie przygotowano tabelaryczny ranking państw kontynentu europejskiego realizujących najwięcej projektów nauki obywatelskiej oraz posiadających największą liczbę organizacji pozarządowych podejmujących tę tematykę. W zestawieniu uwzględniono również liczbę projektów o potencjalnym oddziaływaniu na budowanie świadomości ekologicznej.

W drugim etapie pracy skupiono się na analizie najnowszej literatury naukowej opisującej wyniki prac badawczych przygotowanych metodą nauki obywatelskiej. W celu zachowania spójności ram czasowych z pierwszym etapem prac metodycznych przegląd literatury przeprowadzono w odniesieniu do najnowszych prac opublikowanych w 2021 roku. Dane źródłowe do przeglądu literatury pobrano z bazy danych Web of Science [WoS 2022] będącej największym repozytorium publikacji naukowych. Przeprowadzono kwerendę wyszukania artykułów naukowych według frazy „citizen science” (CS), po-

nadto – ze względu na to, że część prac naukowych dostępna jest wyłącznie dla instytucjonalnych subskrybentów – zawężono zbiór literatury do prac opublikowanych w wolnym dostępie. Tak przygotowaną bazę danych tekstowych poddano wstępnej analizie za pomocą narzędzi analitycznych dostępnych bezpośrednio na stronie WoS, pozwalających przypisywać wyszukane publikacje naukowe do poszczególnych grup tematycznych. We wstępnej analizie przyjęto następujące parametry: typ wizualizacji – TreeMap Chart; sortowanie według liczebności dla 500 publikacji w 10 wiodących grupach tematycznych. Uzyskane wyniki przedstawiono w formie graficznej wraz z ich interpretacją w treści pracy. Następnie pozycje bezpośrednio zaklasyfikowane do grupy „environmental”, a tym samym najmocniej powiązane z tematyką świadomości ekologicznej, poddano dalszej szczegółowej analizie metodą *text mining* [WyskwarSKI 2017] w celu graficznego zinterpretowania powiązań znaczeniowych wyrazów w tekście. Na potrzebę analizy opracowano tekstową bazę danych składającą się z treści 81 abstraktów zaklasyfikowanych przez WoS jako przynależące do tematyki nauk o środowisku (ang. *environmental science*). Następnie po wykonaniu wstępnych analiz tekstów przeprowadzono analizę sieci współwystępowania słów (ang. *co-occurrence*) w treści analizowanych abstraktów. Uzyskane wyniki przedstawiono w formie graficznej wraz z interpretacją opisową.

Wyniki i dyskusja

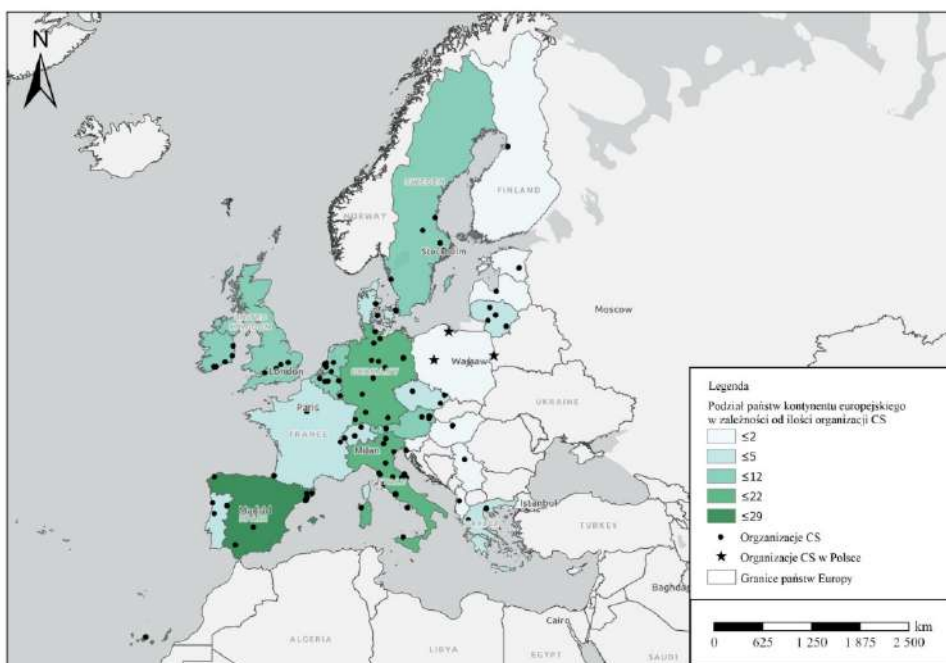
Na podstawie analizy opisów projektów naukowych wyszczególnionych w EPNO i przypisanych im danych kontaktowych stwierdzono, że aktualnie najwięcej organizacji zajmujących się nauką obywatelską znajduje się w Hiszpanii – 30 instytucji (tab. 1).

Tabela 1. Organizacje pozarządowe zajmujące się tematyką nauki obywatelskiej (opracowanie własne na podstawie danych EPNO 2022)

Lp.	Kraj	Liczba organizacji
1.	Hiszpania	30
2.	Włochy	22
3.	Niemcy	17
4.	Austria	12
5.	Holandia	10
6.	Wielka Brytania	10
7.	Belgia	9
8.	Szwecja	8
9.	Irlandia	7
10.	Dania	5
11.	Francja	5
12.	Czechy	4
13.	Grecja	4
14.	Litwa	4
15.	Szwajcaria	4
16.	Estonia	2
17.	Węgry	2
18.	Portugalia	2
19.	Polska	0

Kolejnymi państwami wyróżniającymi się dużą liczbą organizacji są Włochy i Niemcy (odpowiednio 22 i 17). Analiza wykazała, że w Albanii, Finlandii, Luksemburgu, Łotwie, Portugalii, Serbii, Słowenii oraz Szwajcarii funkcjonuje tylko po jednej organizacji. Na platformie EPNO nie wyszczególniono żadnej z organizacji nauki obywatelskiej funkcjonującej w Polsce, mimo że pierwsze tego typu przedsięwzięcia są już realizowane (m.in. przez Instytut Biologii Ssaków PAN oraz Politechnikę Białostocką).

Przeprowadzone badania wykazały, że wyraźna koncentracja organizacji inicjujących i koordynujących działania nauki obywatelskiej występuje w zachodniej części kontynentu europejskiego, są to przede wszystkim: Hiszpania (ponad 29), Włochy i Niemcy (odpowiednio 22 i 17); rycina 1. W odniesieniu do lokalizacji instytucji na terenie Hiszpanii są one skupione głównie w Barcelonie (10) i Madrycie (6), a pozostałe stowarzyszenia (14) rozproszone są w innych większych miastach Hiszpanii. Instytucje zajmujące się nauką obywatelską na obszarze Niemiec i Włoch są rozproszone bez wyraźnej tendencji do skupień wokół wybranych miast. W Polsce instytucje podejmujące badania metodą nauki obywatelskiej są zlokalizowane w Białowieży (projekt BioLoc), Gdańsku (projekt MammalNet: Oglądaj dziką przyrodę dla nauki), Poznaniu (projekt Terrifica) i Warszawie (projekt Obserwator IMGW). Dane na temat projektów realizowanych w Polsce nie zostały jednak ujęte w wykazie EPNO i stanowią wynik kwerendy wyszukiwarki internetowej.



Ryc. 1. Kartogram liczby organizacji pozarządowych zajmujących się tematyką nauki obywatelskiej (opracowanie własne na podstawie danych EPNO 2022)

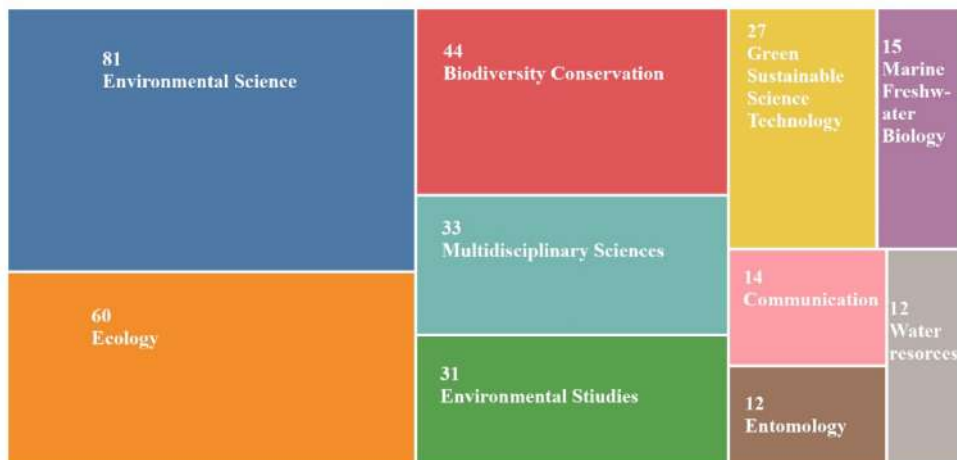
Obok liczby organizacji podejmujących zadania z zakresu nauki obywatelskiej analizie poddano również liczbę projektów zrealizowanych w danym kraju. Z przeprowadzonych zestawień wynika, że państwem o największej liczbie projektów (zarówno ogółem, jak i aktywnych) jest Hiszpania (tab. 2). Kolejnymi ze względu na liczbę realizowanych projektów (projekty ogółem) państwami są Włochy (19) i Szwecja (16). Natomiast jeśli chodzi o klasyfikację ze względu na liczbę aktywnych projektów, kolejnymi państwami są Włochy i Niemcy (odpowiednio 15 i 13). W badaniu zwrócono uwagę również na udział projektów o tematyce ekologicznej, zgodnie z oznaczeniem grup tematycznych w EPNO. W tej kategorii wyróżniającymi się państwami są Francja z wynikiem 5 na 8 projektów, co stanowi ok. 62%, oraz Hiszpania z wynikiem 24 na 43 projektów, co daje ok. 56%. W Polsce realizowane są 4 projekty nauki obywatelskiej, które swoją tematyką dotyczą problemów ekologicznych. Projekty noszą nazwy: „MammalNet: Oglądaj dziką przyrodę dla nauki”; „Bioloc”, „Terrafica”, „Obserwator IMGW”. Nie odnotowano udziału inicjatyw o tematyce ekologicznej względem wszystkich realizowanych projektów w obrębie: Węgier, Łotwy, Danii, Estonii, Czech, Finlandii i Serbii. Dwa kraje – Albania i Luksemburg – nie prowadzą żadnych projektów nauki obywatelskiej, mimo że na terenie ich obszaru funkcjonuje po jednej organizacji nauki obywatelskiej.

Tabela 2. Projekty nauki obywatelskiej z wyróżnieniem projektów aktywnych i tematyki ekologicznej (opracowanie własne na podstawie danych EPNO 2022)

Lp.	Kraj	Liczba projektów ogółem	Liczba projektów aktywnych	W tym liczba projektów o tematyce ekologicznej
1.	Hiszpania	43	40	24
2.	Włochy	19	15	8
3.	Szwecja	16	5	3
4.	Niemcy	14	13	5
5.	Belgia	10	9	2
6.	Austria	8	8	2
7.	Francja	8	7	5
8.	Holandia	7	5	3
9.	Wielka Brytania	7	7	2
10.	Portugalia	6	6	1
11.	Grecja	4	3	2
12.	Polska	4	4	4
13.	Irlandia	3	3	1
14.	Węgry	2	2	0
15.	Litwa	2	1	1
16.	Łotwa	2	2	0
17.	Szwajcaria	1	1	1
18.	Dania	1	1	0
19.	Estonia	1	0	0
20.	Czechy	1	1	0
21.	Finlandia	1	1	0
22.	Serbia	1	1	0
23.	Słowenia	1	1	1

Analiza publikacji ze strony WoS bezpośrednio zakwalifikowanych do grupy „environmental” wykazała, że wśród artykułów posiadających w tytule frazę „citizen science” wyszukanych zostało 296 publikacji naukowych (ryc. 2). Pośród nich największy udział miały publikacje z takich dziedzin jak: nauki o środowisku (81 pozycji,

ok. 27,36%), ekologia (60 pozycji, ok. 20,27%) i ochrona bioróżnorodności (44 pozycji, ok. 14,86%). Najbardziej poruszane problemy w publikacjach dotyczyły dziedzin: komputerowe systemy informatyczne (ang. *computer science information systems*), multidyscyplinarne nauki o ziemi, teledetekcja (wszystkie trzy kategorie – ok. 2,7%), astronomia z astrofizyką i biologia (obie kategorie – ok. 2,36%).



Ryc. 2. Ilościowy udział artykułów naukowych o tematyce „citizen science” w poszczególnych grupach tematycznych (opracowanie własne na podstawie danych bibliograficznych WoS 2021)

Wyniki graficznej analizy występowania publikacji naukowych z dziedziny nauki o środowisku (ryc. 3) wykazały 81 pozycji spośród 296 artykułów naukowych, co daje częstotliwość występowania tematu w średnio co czwartej publikacji. Pozwala to stwierdzić, że nauki przyrodnicze i biologiczne stanowią istotny wątek w projektach nauki obywatelskiej i mają znaczenie podczas zbierania i rozpowszechniania informacji o środowisku, a także kształtowania świadomości ekologicznej społeczeństwa. Zdaniem Organizacji Narodów Zjednoczonych [Hegarty 2021] nauka obywatelska ma potencjał do poszerzenia bazy wiedzy stanowiącej podstawę postępu w realizacji celów zrównoważonego rozwoju poprzez zwiększenie częstotliwości i zasięgu geograficznego dostępnych danych, lepsze wykorzystanie wiedzy lokalnej i edukowanie opinii publicznej. Także Unia Europejska [Hegarty 2021] dostrzegła potrzebę kompleksowego monitorowania danych podczas polityki środowiskowej UE, uznając, że nauka o społeczeństwie oferuje alternatywny i opłacalny sposób gromadzenia danych środowiskowych, które mogą być przydatne w dostarczaniu wczesnych ostrzeżeń o trendach środowiskowych i konkretnych problemach.

Zgodnie z tokiem postępowania metodycznego zaimportowano treści abstraktów 81 publikacji przypisanych do grupy nauk o środowisku w celu zbadania sieci współwystępowania fraz „citizen science” oraz „environmental awareness” w badanych artykułach naukowych. W ujęciu ilościowym stwierdzono, że anglojęzyczna fraza „citizen science” pojawiła się w sumie 162 razy (daje to rezultat występowania pojęcia średnio 2 razy w każdej publikacji), natomiast fraza „environmental awareness” wystąpiła 19 razy we wszystkich pracach naukowych (daje to rezultat występowania pojęcia średnio w co czwartej analizowanej publikacji).

Uzyskane wyniki wskazują na istniejące powiązanie nauki obywatelskiej i świadomość ekologiczną społeczeństwa, jednak bez wyraźnego priorytetu dla budowania świadomości ekologicznej. Przyjęty w pracy tok postępowania metodycznego ma jednak swoje ograniczenia rzutujące na uzyskany wynik – ograniczenie do kontynentu europejskiego oraz przyjęte ramy czasowe. Pełna analiza problemu mogłaby zostać poszerzona o liczebność i rozmieszczenie organizacji oraz projektów nauki obywatelskiej realizowanych na całym świecie, zwłaszcza na terenie Ameryki Północnej.

W odpowiedzi do przeprowadzonych metaanaliz opracowano zestaw autorskich rekomendacji mających na celu zachęcenie do prowadzenia organizacji i projektów w zakresie nauki obywatelskiej. Autorzy niniejszej pracy:

1. Rekomendują, aby niedoświadczone kraje nawiązały współpracę z krajami o dużej liczbie realizowanych projektów „citizen science”. Pomoże to uruchomić pierwsze inicjatywy nauki obywatelskiej i zmierzyć się z barierami w ich realizacji.

2. Zachęcają do tworzenia kooperacji z innymi organizacjami „citizen science” w celu wymiany doświadczeń i usprawniania własnej pracy.

3. Uruchamianie organizacji i projektów „citizen science” polecają w sposób szczególnie placówkom edukacyjnym oraz uczelniom wyższym. Pozwoli to rozwijać młodym ludziom umiejętności tworzenia i koordynowania projektów na „bezpiecznym gruncie”, bez negatywnych skutków w przypadku niepowodzenia.

4. Zalecają dzielenie się zebranych wynikami inicjatyw „citizen science” z placówkami badawczymi, które mogą wykorzystać rezultaty np. na rzecz ochrony środowiska.

5. Rekomendują nagłaśnianie wszelkich działań w zakresie nauki obywatelskiej w celu popularyzacji tej metody badawczej.

6. Uważają, że wszystkie inicjatywy o tematyce przyrodniczej są pożądane, ponieważ podnoszą świadomość ekologiczną społeczeństwa.

7. Namawiają, aby do udziału w przedsięwzięciach angażować ludzi w każdym wieku, szczególnie dzieci i młodzież, u których wesprze to proces kształtowania odpowiedzialności za środowisko przyrodnicze.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki wskazują na istniejące powiązanie nauki obywatelskiej i świadomość ekologiczną społeczeństwa, jednak bez wyraźnego priorytetu dla funkcji budowania świadomości ekologicznej. W treści analizowanych publikacji, będących efektem wspólnych prac naukowców zawodowych i amatorów, wykazany aspekt kształtującej się świadomości ekologicznej jest bardziej efektem towarzyszącym niż zamierzonym, nie jest zadaniem priorytetowym. Uzyskany wynik wymaga jednak głębszej interpretacji, ponieważ zależy od pewnej specyfiki materiału źródłowego, tj. publikacji naukowych nastawionych na raportowanie osiągnięć naukowych w obrębie nauk o środowisku, nie zaś nauk społecznych, do których przynależy świadomość ekologiczna i problematyka edukacji. Temat edukacyjnych efektów nauki obywatelskiej wciąż pozostaje zagadnieniem słabo rozpoznanym w zakresie nauk społecznych. Ponadto przyjęty w pracy tok postępowania metodycznego ma dodatkowe ograniczenia rzutujące na uzyskany wynik – ograniczenie do kontynentu europejskiego oraz przyjęte ramy czasowe. Pełna analiza problemu mogłaby zostać poszerzona o liczbę i rozmieszczenie organizacji oraz projektów nauki obywatelskiej realizowanych na całym świecie, zwłaszcza na terenie Ameryki Północnej.

Bibliografia

- Ballerini L., Bergh S.I., 2021. Using citizen science data to monitor the Sustainable Development Goals: a bottom-up analysis. *Sustain. Sci.*, 16, 1945–1962. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01001-1>
- EPNO, 2022. Organizacje i projekty typu CS, Europejska Platforma Informacyjna dot. Nauki Obywatelskiej, <https://eu-citizen.science> [dostęp: 25.03.2022].
- EUROSTAT, 2022. Przebieg granic państwowych, <https://ec.europa.eu/> [dostęp: 25.03.2022].
- Górnicki K. (red.), 2010. Kapitał ekologiczny mieszkańców Polski Północno-Wschodniej. Fundacja Zielone Płuca Polski, Białystok, 17–23.
- Grodzińska-Jurczak M., 2019. Nauka obywatelska – zmiana paradygmatu nauki czy jedynie pomocnicza procedura badawcza. *Trzeci Sektor*, 47(2), 15–27. <https://doi.org/10.26368/17332265-047-3-2019-1>
- Haklay M., Fraisl D., Greshake Tzovaras B., Hecker S., Gold M., Hager G., Ceccaroni L., Kieslinger B., Wehn U., Woods S., Nold C., Balázs B., Mazzonetto M., Ruefenacht S., Shanley L.A., Wagenknecht K., Motion A., Sforzi A., Riemenschneider D., Vohland K., 2021. Contours of citizen science: a vignette study. *Royal Soc. Open Sci.* 8(8), 202108. <https://doi.org/10.1098/rsos.202108>
- Haklay M., 2013. Citizen science and volunteered geographic information – overview and typology of participation. W: D.Z. Sui, S. Elwood, M.F. Goodchild (red.), 2013. *Crowdsourcing geographic knowledge: volunteered geographic information (VGI) in theory and practice*. Springer, Berlin, 122. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7
- Hegarty S., Hayes A., 2021. Using citizen science to understand river water quality while filling data gaps to meet United Nations Sustainable Development Goal 6 objectives. *Sci. Total Environ.* 783, 146953.
- Irwin A., 1995. *Citizen science: a study of people, expertise and sustainable development*. Routledge, London.
- Kar B., Sieber R., Haklay M., Ghose R., 2016. Public participation GIS and participatory GIS in the era of GeoWeb. *Cartograph. J.*, 53(4). <https://doi.org/10.1080/00087041.2016.1256963>
- Web of Science (WoS), 2022. www.webofscience.com [dostęp: 31.03.2022].
- Wyskwarski M., 2017. Text mining w analizie zbiorów publikacji naukowych. *Zesz. Nauk., Organ. Zarz., Polit. Śląska*, 114, 635–647.

Ergonomiczna ocena warunków pracy na stanowisku serwisanta telefonów komórkowych

Ergonomic assessment of working conditions as service technicians for mobile phones

W obecnych czasach w dobie rozwoju elektroniki i nowych technologii korzystanie z urządzeń, takich jak telefony komórkowe czy smartfony, stało się codziennością. Niestety z użytkowaniem sprzętów tego typu wiążą się także pewne problemy, m.in. niedziałające złącza ładowania czy rozbite ekrany telefonów. Dlatego też potrzebna stała się praca serwisanta. Ergonomiczne warunki pracy, będące istotnym aspektem w życiu każdego pracownika – gdyż odpowiednio zrealizowane, przekładają się na bezpieczeństwo, komfort i wygodę pracy – dotyczą również tego zawodu.

Praca zawodowa zajmuje dużą część czasu w codzienności człowieka. Wykonywanie jej w nieprawidłowym środowisku może negatywnie wpłynąć na stan psychofizyczny pracownika, a także powodować choroby zawodowe. Dlatego istotne jest zadbanie o jak najlepsze ergonomiczne warunki pracy, ponieważ zaowocuje to ogólnym zdrowiem, dokładnością i efektywnością pracownika. Ergonomiczne warunki pracy przygotowano w taki sposób, aby każdy pracownik mógł dostosować przestrzeń pracy do swoich potrzeb i uwarunkowań antropometrycznych. Na pozór bezpieczna i lekka praca biurowa wydaje się nie sprawiać żadnych zagrożeń, aczkolwiek wielogodzinna realizacja zadań przy komputerze niesie ze sobą wiele negatywnych skutków, takich jak: pogorszenie narządu wzroku, zmęczenie, migreny, skrzywienie i bóle kręgosłupa, sztywność nadgarstków. Dodając do tego czynności naprawcze telefonów komórkowych, które wymagają od pracownika wysokiej precyzji oraz staranności, uzyskuje się kolejne obciążenia, które zwiększają ryzyko wystąpienia jednego z ww. schorzeń. Dlatego, aby zidentyfikować jak najwięcej potencjalnych zagrożeń, należy wziąć pod uwagę też rodzaj i czas wykonywanej pracy. W celu przeprowadzenia efektywnej kontroli takiego stanowiska zaleca się stosowanie różnych metod usprawniających ich przebieg. Jedną z takich metod jest Lista Dortmundzka, która zawiera 323 pytania kontrolne. Obejmują one zarówno zakres materialny środowiska pracy, jak i zakres społeczny. Odpowiednie dostosowanie listy kontrolnej zapewni szybki i dokładny przebieg kontroli.

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Międzywydziałowe Studenckie Koło Naukowe Ergonomii i BHP, mateusz.gancarz.1999@wp.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji

Ergonomia stanowiska pracy

Aby lepiej zrozumieć cel badań, należy zapoznać się bliżej z terminem „ergonomia”. Ta dziedzina naukowa skupia się przede wszystkim na praktycznej wiedzy. Ergonomia zajmuje się określeniem sposobu, w jaki człowiek powinien pracować, aby nie uległ nadmiernemu zmęczeniu, urazom oraz wypadkom przy pracy. Celem ergonomii jest przede wszystkim efektywna praca przy jak najmniejszym koszcie biologicznym [Wieczorek i Żukowski 2014]. Omawiając pojęcie ergonomii, należy również zwrócić uwagę na termin „środowisko pracy”, czyli otoczenie, w jakim człowiek pracuje. Skupia się na to zespół czynników materialnych i psychospołecznych, z którymi pracownik styka się podczas wykonywania pracy lub przysposobienia do niej i które to czynniki mogą stanowić zagrożenie dla jego zdrowia, a nawet życia [CIOP-PIB 2022].

Charakterystyka pracy serwisanta

Zawód serwisanta wymaga od pracownika długotrwałego przyjmowania pozycji siedzącej. Do podstawowych obowiązków takiej osoby należy: obsługa klienta skupiona na poznaniu problemu występującego w urządzeniu, wycena usługi i ustalenie terminu odbioru naprawionego urządzenia. Kolejnym zadaniem serwisanta jest zaopatrywanie sklepu w potrzebny asortyment – zamawianie brakujących części oraz akcesoriów potrzebnych klientom. Najważniejszym zadaniem jest jednak wykonywanie usług naprawczych, co może wiązać się z pracą przy monitorze ekranowym. Jest to spowodowane szeroką gamą modeli urządzeń mobilnych dostępnych na rynku, co komplikuje proces naprawy i zmusza pracownika do sięgnięcia po wiedzę na specjalistycznych forach internetowych lub stronie producenta. Skomplikowane naprawy wymagają użycia oświetlenia o wysokim natężeniu. Podczas wykonywania czynności naprawczych serwisant korzysta z lutownicy – urządzenia elektryczno-grzewczego, które może zagrażać poparzeniem. Występuje również ryzyko powstania odprysku elementów elektrycznych podczas lutowania. W tym celu do ochrony twarzy pracownik powinien zastosować środek ochrony indywidualnej – okulary ochronne. Narzędziami wykorzystywanymi w pracy przez pracownika są: zestaw śrubokrętów, lutownica, multimetr oraz szpatułki do podważania elementów telefonu.

Serwisant w swoim środowisku pracy jest narażony na różnorodne zagrożenia. Najbardziej powszechne są poślizgnięcia i potknięcia spowodowane śliską nawierzchnią lub niewłaściwym zorganizowaniem przestrzeni na obszarze działania. Przykładowo będą to pozostawione pudła i kartony w przejściach lub luźno leżące na podłodze przewody elektryczne. Do innych zagrożeń należą oparzenia lutownicą oraz ryzyko powstania odprysku lutowanych elementów (np. kondensator).

Cel pracy

Celem pracy jest przeprowadzenie ergonomicznej oceny warunków pracy na stanowisku serwisanta telefonów komórkowych. Zakres oceny obejmuje sprawdzenie stopnia przystosowania stanowiska pracy do cech psychofizycznych pracownika poprzez wykorzystanie elementów Listy Dortmundzkiej oraz pomiarów przestrzennych stanowiska pracy i parametrów środowiska materialnego.

Material i metody badań

Ergonomiczną ocenę warunków pracy zrealizowano na stanowisku serwisanta telefonów komórkowych. Pracownik ten jest zatrudniony w systemie jednozmianowym o stałych godzinach pracy (5 dni w tygodniu, od godziny 9:00 do 17:00).

Badania przeprowadzono za pomocą autorskiej listy kontrolnej stworzonej na podstawie wybranych elementów Listy Dortmundzkiej. Przygotowana lista kontrolna złożona jest z 69 pytań, które skupiają się na takich obszarach, jak: materialne środowisko pracy, pomiary natężenia oświetlenia i hałasu, ergonomiczne przystosowanie stanowiska do pracy oraz zakres przeprowadzonych szkoleń w dziedzinie bhp.

Ponadto na stanowisku serwisanta przeprowadzono pomiary natężenia oświetlenia i hałasu. Pomiary oświetlenia wykonano zgodnie z normą PN-EN 12464-1:2022-01 za pomocą luksumierza marki ELBRO model ELX2111. Do pomiarów poziomu hałasu wykorzystano urządzenie klasy pierwszej firmy SVANTEK model SVAN 955 i wykonano je według normy PN-N-01307:1994.

Uzupełnieniem realizowanych badań było przeprowadzenie pomiarów antropometrycznych zasięgów kończyn górnych serwisanta oraz pomiarów struktury przestrzennej pola pracy w celu sprawdzenia, czy robocze czynności są wykonywane w prawidłowej i maksymalnej strefie pracy rąk. Do pomiarów przestrzeni pracy zastosowano dalmierz laserowy firmy LEICA model DISTO D8.

Wyniki

Wyniki wykonanych pomiarów przestrzennych pomieszczenia pracy, natężenia dźwięku, natężenia oświetlenia i przeprowadzonej analizy stanu rzeczywistego z przygotowaną listą kontrolną przedstawiono poniżej.

Pracownik zatrudniony na stanowisku serwisanta wykonuje swoją pracę w pomieszczeniu o objętości 187,10 m³, powierzchni podłogi przypadającej na jednego pracownika wynoszącej 43,78 m² i wolnej przestrzeni o powierzchni 156,33 m³. Porównując te wyniki z minimalnymi wymaganiami bhp w pomieszczeniach pracy, uwzględnionymi w rozporządzeniu [Dz.U. 2003 nr 169, poz. 1650] stwierdzono zapewnienie odpowiedniej przestrzeni pracowniczcej. Zaobserwowano również niewłaściwą organizację przestrzenną, co skutkowało gromadzeniem się kartonów z częściami na powierzchni, po której poruszał się pracownik. Ograniczona przestrzeń na składowanie materiałów powodowała wysokie ryzyko potknięcia się o kartony, które powinny być przechowywane w odpowiednich do tego miejscach (ryc. 1).



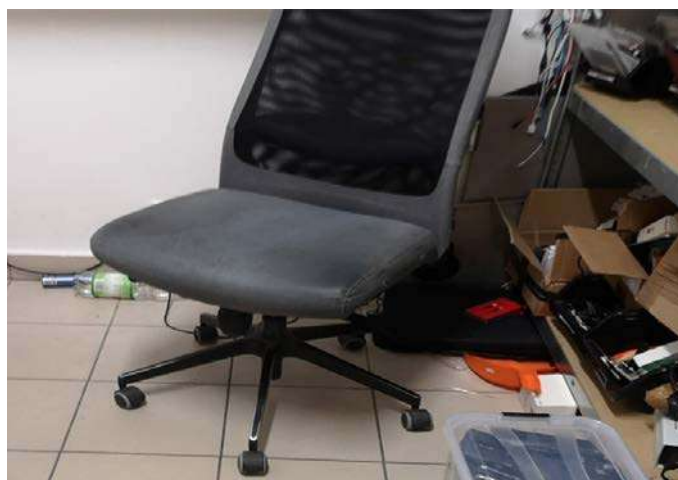
Ryc. 1. Przeszkody stwarzające zagrożenie potknięcia

Biurka nie posiadały szuflad lub innych miejsc pozwalających przechowywać niepotrzebne w danym momencie narzędzia lub dokumenty, przez co wszystkie te elementy zajmowały przestrzeń roboczą i utrudniały wykonywanie pracy (ryc. 2).



Ryc. 2. Nagromadzenie się zbędnych przedmiotów przez brak szuflad w biurku

Stwierdzono także, że fotele posiadały stabilną 5-ramienną podstawę oraz możliwość regulacji pochylecia oparcia i wysokości siedziska, ale nie były wyposażone w podłokietniki, które znacząco ułatwiają przyjęcie wygodnej pozycji (ryc. 3).



Ryc. 3. Brak podłokietników w krześle

Stosowane przez pracownika podstawki pod monitory nie pozwalają na regulację kąta nachylenia monitora. Pracodawca zapewnił pracownikowi zatrudnionemu na stanowisku serwisanta klawiaturę wykonaną z matowego plastiku, który zapobiega efektom olśnienia. Posiada ona odpowiednią regulację kąta nachylenia, zgodnie z wymaganiami zawartymi w przepisach prawnych [Dz.U. 1998 nr 148, poz. 973].

Podczas badania przestrzeni stanowiska pracy zaobserwowano, że serwisant pracuje na zbyt małej przestrzeni. Świadczy o tym m.in. to, że jego przedramiona nie mają podparcia na blacie biurka (ryc. 4).



Ryc. 4. Przedramiona nie dotykają stołu

Strefa zasięgu normalnego wynosi 50 cm. Są w niej prawidłowo umieszczone narzędzia i urządzenia, z którymi pracownik ma stałe styczność. Podobne wnioski wysunięto na podstawie pomiarów strefy zasięgu maksymalnego, która ma długość 68 cm. Znajdują się w niej klawiatura i myszka, które serwisant rzadziej wykorzystuje podczas swojej pracy.

Wyniki pomiarów oświetlenia przeprowadzonych na badanym stanowisku przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Ocena pomiarów oświetlenia dla prac przy wykonywaniu czynności biurowych

Obszary	Natężenie światła [lx]		Zgodność z normą	Równomierność		Zgodność z normą
	wymagane minimalne	zmierzone		wymagana	zmierzona	
Obszar zadania	500	403,2	NIE	>0,60	0,54	NIE
Obszar bezpośredniego otoczenia	300	190,2	NIE	>0,40	0,65	TAK
Obszar tła	100	217,6	TAK	>0,10	0,64	TAK

Tabela 2. Ocena pomiarów oświetlenia dla prac naprawczych

Obszary	Natężenie światła [lx]		Zgodność z normą	Równomierność		Zgodność z normą
	wymagane minimalne	zmierzone		wymagana	zmierzona	
Obszar zadania	750	403,2	NIE	>0,60	0,54	NIE
Obszar bezpośredniego otoczenia	500	190,2	NIE	>0,40	0,65	TAK
Obszar tła	166,6	217,6	TAK	>0,10	0,64	TAK

Badania oświetlenia wykazały zbyt niskie natężenie oświetlenia na całej płaszczyźnie roboczej. Oświetlenie miejscowe wykorzystywane przy szczegółowych pracach naprawczych nie spełniało wytycznych zawartych w normie PN-EN 12464-1:2022-01. Spowodowane jest to zbyt słabą mocą żarówek w oświetleniu ogólnym i zbyt małą liczbą zamontowanych lamp. Niedostateczna wartość oświetlenia może się wiązać ze spadkiem wydajności pracy, powstaniem lub pogłębieniem wad wzroku, nadmiernym zmęczeniem pracownika, a także może przyczynić się do wzrostu ryzyka potencjalnego wypadku.

Znaczącą nieprawidłowością jest brak zapewnienia pracownikowi pomieszczenia socjalnego, w którym może odpocząć podczas odbywanej przerwy oraz spożywać posiłki. Brak tego pomieszczenia wymusza na pracowniku spożywanie posiłku w przestrzeni roboczej na stanowisku pracy. Nie jest to zgodne z obowiązującymi przepisami prawnymi w zakresie higieny pracy i powoduje ryzyko kontaktu żywności z elektroniką, nad którą pracuje serwisant.

Podczas przeprowadzonych badań stwierdzono występowanie źródła hałasu pochodzącego z urządzenia znajdującego się w sąsiednim pomieszczeniu i obsługiwanego przez innych pracowników – maszyny do haftowania. W pomieszczeniu pracy serwisanta dokonano pomiarów natężenia dźwięku, które wykazały 8-godzinną ekspozycję ($L_{EX, 8h}$) na hałas o poziomie 57,4 dB i szczytowy poziom dźwięku ($L_{C, peak}$) o natężeniu 67,3 dB. Zmierzone wielkości nie przekraczają wartości NDN podanych w normie dotyczącej dopuszczalnych wartości hałasu w środowisku pracy [PN-N-01307:1994].

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że pomieszczenie pracy spełnia wszelkie wymagania dotyczące wysokości i wolnej przestrzeni dla pracownika. Występuje na nim jednak brak ergonomicznych rozwiązań, które w dużym stopniu mogłyby ułatwić wykonywaną przez serwisanta pracę. Brak możliwości regulacji stanowiska, brak podłokietników w używanym przez pracownika krześle obrotowym, niewłaściwe zagospodarowanie przestrzeni i zbyt niskie wartości natężenia oświetlenia utrudniają wykonywanie pracy. Dalsze długotrwałe przebywanie w takich warunkach

może prowadzić do wypadku, pogorszenia się narządu wzroku lub do wystąpienia chorób zawodowych, takich jak cieśń nadgarstka. W celu poprawy warunków pracy na badanym stanowisku należy zainwestować w zakup odpowiednich mebli zaopatrzonych w szuflady przeznaczone do przechowywania przedmiotów i narzędzi pracy. Rozwiązaniem problemu z niedostatecznym oświetleniem jest zwiększenie liczby lamp użytych w oświetleniu ogólnym, zastosowanie żarówek o wyższej mocy lub też wymiana ich na żarówki o cieplejszej barwie, zbliżonej do jasnożółtej. W przypadku dostosowania stanowiska do potrzeb pracownika należy zainwestować w krzesło obrotowe z podłokietnikami i możliwością ich regulacji.

Bibliografia

- Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB), 2022. Podstawowe pojęcia, <https://m.ciop.pl/> [dostęp: 4.04.2022].
- Dz.U. 1998 nr 148, poz. 973. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 1 grudnia 1998 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe.
- Dz.U. 2003 nr 169, poz. 1650. Obwieszczenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.
- PN-EN 12464-1:2022-01. Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
- PN-N-01307:1994. Hałas – Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy – Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- Wieczorek S., Żukowski P., 2014. Organizacja bezpiecznej pracy, Kraków–Tarnobrzeg.

Drgania mechaniczne w środowisku pracy operatora koparki

Mechanical vibrations in the working environment of the excavator operator

Stale rozwijający się rozwój technologiczny doprowadził do wzrostu wykorzystania ciężkich maszyn budowlanych. Przykładem tego typu maszyn są koparki, których używa się wielozadaniowo, m.in. do rozbiórek, przeładunku materiałów, kruszenia skał. Operatorzy koparek są narażeni na wiele czynników ryzyka, które przy dłuższej ekspozycji mogą doprowadzić do licznych problemów zdrowotnych [Alphin i in. 2010]. Kluczowym źródłem zagrożeń w pracy operatora jest obsługiwana przez niego maszyna. Występujące podczas jej eksploatacji drgania mechaniczne są nieodłącznym czynnikiem środowiska pracy operatora [Hadrys i Hadrys 2018]. Warto podkreślić, że wady produkcyjne, jakie mogą mieć miejsce nawet w przypadku w nowej maszyny, oraz podejście lekceważące do oznak zużycia maszyny mogą w znaczącym stopniu przyczyniać się do pogłębienia efektu wibracyjnego, a to prowadzi do powstawania niepożądanych zjawisk w jej kluczowych elementach oraz oddziałuje na operatora [Bednarz i Urba 2006].

Praca maszyny, która nierzadko odbywa się w trudnych warunkach terenowych, generuje wibracje. Następnie za pośrednictwem elementów konstrukcyjnych (np. rama czy kabina) drgania są przenoszone na organizm pracownika. W rezultacie oddziaływania drgań na człowieka może dochodzić do niespecyficznych reakcji fizjologicznych, zaburzeń w koordynacji ruchów, a nawet choroby zawodowej. Poza tym ekspozycja na drgania może wywoływać chwilowe stany psychofizjologiczne, polegające między innymi na rozproszeniu uwagi, zakłóceniu percepcji docierających komunikatów, ograniczeniu rejestrowania wielu sytuacji z obszaru pracy. Takie osłabienie organizmu może w dużym stopniu przyczyniać się do powstawania wielu sytuacji niebezpiecznych [Koton i Majewski 2004].

Producenci maszyn budowlanych, świadomi zagrożeń wynikających z eksploatacji produkowanych przez nich maszyn, starają się wykorzystywać w kolejnych modelach nowe rozwiązania redukujące ich wpływ na operatorów [Dąbrowski 2015]. Polskie przepisy zobowiązują do zapewnienia pracownikom bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. W związku z tym wykonuje się cykliczne kontrole czynników szkodliwych, które występują na danym stanowisku pracy. Kluczowym elementem oceny czynników środowiskowych są pomiary czynników szkodliwych, ponieważ to one pozwalają określić dokładne stężenia oraz natężenia badanych zagrożeń.

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Sekcja Higieny Pracy, katarzyna1297@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska

Drgania w środowisku pracy

Drganiami (wibracjami) nazywane są sekwencje zdarzeń, w których przypisane im wielkości fizyczne są zmienne w czasie. Precyzyjniejszym pojęciem są drgania mechaniczne, określane jako ruch cząstek danego ośrodka sprężystego względem położenia symetrii. Drgania mechaniczne mogą rozprzestrzeniać się w ośrodkach zarówno płynnych, jak i stałych. W aspekcie ochrony i bezpieczeństwa człowieka w środowisku pracy rozpatrywane są jednak głównie drgania mechaniczne, które rozprzestrzeniają się w ośrodkach stałych [Dziurdź 2011].

Na środowisko pracy składa się wiele czynników, które w mniejszym lub większym stopniu wpływają na bezpieczeństwo pracownika. Istnieją stanowiska, na których drgania emitowane przez pracujące maszyny są jednym z kluczowych czynników środowiskowych [Morzyński i Szczepański 2017]. Występowanie drgań mechanicznych w pracy nie zawsze jest niezamierzone, jak w przypadku stanowisk narażonych na drgania pochodzące od agregatów czy silników. Wykorzystywane są również jako czynnik roboczy, np. w procesach rozdrabniania, rozdzielania, zagęszczania czy wiercenia. Obecność wibracji ma za zadanie przyspieszyć wykonywaną pracę oraz poprawić jej skuteczność. W jednym i drugim przypadku uszkodzonym jest jednak operator, ponieważ ostatecznie to na jego ciało w sposób nieumyślny przenoszone są drgania.

W zależności od źródła i drogi kontaktu człowieka ze źródłem wibracji drgania dzielone są na dwie grupy [Engel 2001]:

- ogólne – drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka, przenikające do ciała poprzez nogi, miednicę, plecy czy boki. Drgania o charakterze ogólnym są charakterystyczne m.in. dla środków transportu, gdzie człowiek zazwyczaj znajduje się w pozycji siedzącej [Zajac i in. 2020];

- miejscowe – drgania oddziałujące na organizm przez kończyny górne. Są one typowe dla pracowników obsługujących się urządzeniami ręcznymi [Harazin 2006].

W środowisku pracy często obserwuje się stanowiska, gdzie jednocześnie występują obydwa rodzaje opisanych wyżej drgań. Szczególnie dotyczy to operatorów maszyn, którzy w związku z wykonywanymi zadaniami obsługują maszyny nie tylko ręcznie, lecz także przy pomocy nóg, a ich stanowisko (fotel) na stałe przymocowane jest do drgającej maszyny (ryc. 1). Dotyczy to np. różnego rodzaju maszyn budowlanych, rolniczych, górniczych, a także pojazdów samochodowych czy samolotów.



Ryc. 1. Schematy dróg przenikania drgań na człowieka

Wpływ drgań na organizm człowieka

Narażenie człowieka na drgania nie jest bez znaczenia dla jego stanu zdrowia. W zależności od charakterystyki oddziałujących na organizm wibracji mogą w nim pojawić się różne reakcje, lecz zawsze ich skutki są negatywne. Ludzkie ciało, mimo że jest wyposażone w swego rodzaju system tłumienia wibracji (powiązany ściśle z częstotliwością drgań własnych poszczególnych narządów), nie jest idealne. W sytuacji, gdy parametry drgań zewnętrznych wyrównają się z parametrami drgań któregoś z narządów, amplituda wibracji ciała człowieka wzrośnie, co może prowadzić do osłabienia organizmu, a nawet zmian chorobowych. Wyróżnia się dwa rodzaje skutków oddziaływania drgań na ciało człowieka [Korulczyk 2011]:

- funkcjonalne – związane ze spadkiem wydajności organizmu. Charakterystycznymi dla tej grupy objawami są m.in: obniżona jakość wykonywanej pracy, znużenie, zmęczenie, wydłużony czas reakcji wzrokowo-ruchowej. Szczególnie te ostatnie w znaczący stopniu wzmagają prawdopodobieństwo popełnienia błędu, a konsekwencją tego może być wypadek [Kielbasa i in. 2019];

- fizjologiczne – związane ze zmianami biologicznymi zachodzącymi w organizmie człowieka. Wśród najczęściej odnotowywanych objawów można wyróżnić zmiany: w układzie nerwowym, w zakresie naczyń obwodowych, w układzie kostno-stawowym. Występowanie powyższych objawów może doprowadzić do rozwoju zmian chorobowych – zespołu wibracyjnego [Engel 2001, Solecki 2007].

Praca w warunkach, w których człowiek narażony jest na wibracje, w szczególności w przypadku drgań miejscowych, których drogą przenikania są kończyny górne, występuje duże ryzyko problemów o podłożu naczyniowym, nerwowym i układu kostnego. Zaistnienie tego rodzaju trwałych i nieodwracalnych zmian kwalifikuje się jako zespół wibracyjny (choroba wibracyjna). Według polskiego prawa zespół wibracyjny uznawany jest za chorobę zawodową [Łastowiecka-Moras 2020]. Zależnie od ilości i rodzaju stwierdzonych zmian, wyróżnia się trzy warianty choroby [Dz.U. 2013 poz. 1367]:

- naczyniowo-nerwowa (33% przypadków), we wczesnej fazie charakteryzująca się mrowieniem i drętwieniem palców, natomiast w późniejszej fazie występowaniem efektu Raynauda (blade, zimne palce);

- kostno-stawowa (44% przypadków), charakterystycznymi objawami tej postaci są bóle, obrzęk i ograniczone ruchy kończyn górnych, przewlekłe złamania oraz zwyrodnienia kości [Łastowiecka-Moras 2020, Dobry 2004];

- mieszana – charakteryzuje się połączeniem dwóch powyższych postaci [Świątkowska i in. 2020].

Profilaktyka

Ważną rolę w środowisku pracy odgrywa poczucie bezpieczeństwa. Znając skutki, jakie niesie ze sobą praca w szkodliwych warunkach narażenia na drgania mechaniczne, logiczne wydaje się prowadzenie działań mających na celu zapewnienie pracownikom bezpiecznych warunków do wykonywania pracy. Profilaktyka z zakresu ochrony przed drganiami opiera się zazwyczaj na współdziałaniu w kilku aspektach wykonywanej pracy.

Rozwiązaniem, które w pierwszej kolejności powinno być brane pod uwagę, jest wyeliminowanie źródła drgań. Zazwyczaj to jest niemożliwe rozwiązanie ze względu na

charakter stanowiska. Najczęściej proponowanym wyjściem z tej sytuacji jest zastosowanie środków ochrony indywidualnej w postaci rękawic antywibracyjnych. Niestety ten rodzaj ochrony jest często lekceważony przez pracowników oraz niemożliwy do wykonania w przypadku stanowisk wymagających wzmożonej precyzji ruchów. Warte rozważenia są rozwiązania organizacyjne, które w sposób ogólny poprawiają warunki pracy oraz zmniejszają czas narażenia na szkodliwy czynnik. Bardzo istotne są szkolenia pracowników z zakresu odpowiedniego posługiwania się i nadzoru nad obsługiwaną maszyną czy urządzeniem. Ze względu na ochronę pracowników zalecane jest dążenie do możliwie najkrótszego czasu ekspozycji pracownika na wibracje oraz zapewnienie jak największej liczby przerw bez narażenia na drgania [Zajac 2019]. Działania profilaktyczne powinny uwzględniać też ryzyko chorób zawodowych. W tym przypadku pracownicy narażeni na drgania mechaniczne powinni regularnie być poddawani badaniom okresowym [Łastowiecka-Moras 2020].

Cel badań

Drgania są jednym z głównych czynników szkodliwych występujących w pracy związanej z obsługą maszyn branży budowlanej. Celem pracy była ocena narażenia operatora koparki na drgania mechaniczne ogólne występujące na tym stanowisku.

Materiał i metody

Badania objęły swoim zakresem pomiary drgań mechanicznych na stanowisku operatora koparki zatrudnionego w jednej z firm z woj. świętokrzyskiego specjalizującej się w budowie i remontach dróg i chodników. W swojej pracy operator wykonuje liczne zadania związane z robotami ziemnymi.

Główną maszyną wykorzystywaną przez operatora jest koparka kołowa firmy Terex-Schaeff, model SMB 2041, wyprodukowana w 1998 roku. Opisany egzemplarz pomimo wieku posiadał pełną sprawność techniczną (ryc. 2).



Ryc. 2. Załadunek ziemi na wywrotkę

Badania zostały przeprowadzone za pomocą zestawu do pomiaru drgań firmy Sionpan typu DVA 100 z czujnikiem siedziskowym CDO-01S do pomiaru drgań ogólnych.

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

Pomiary wykonano zgodnie z normą PN-EN 14253+A1:2011, co pozwoliło określić narażenie pracownika na ogólne drgania mechaniczne, w trakcie wykonywania codziennej pracy – przygotowywania podłoża pod budowę chodnika (nabieranie i załadunek ziemi na wywrotkę). Operator wykonywał swoją pracę w sposób niezaburzony i jednostajny. Czujnik siedziskowy został umieszczony na fotelu operatora, co pozwoliło wychwycić drgania ogólne oddziałujące na pracownika.

Pomiar został przeprowadzony 4-krotnie. Czas każdego z pomiarów wynosił 30 min i został odniesiony do 8-godzinnego czasu ekspozycji.

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:

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

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.

Uzyskane wyniki porównano z wartościami progowymi i dopuszczalnymi, określonymi w polskim prawie. Wartości te zostały zamieszczone w tabeli 1.

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

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

Wyniki

Przeprowadzono pomiary drgań mechanicznych o charakterze ogólnym na stanowisku operatora koparki oraz pomiar parametrów mikroklimatycznych panujących w czasie wykonywania pracy. Wyniki poszczególnych pomiarów zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki pomiarów drgań w koparce

Lp.	Wartość	Czas pomiaru (min)	Czas ekspozycji (h)
1.	0,110 m/s ²	30	8
2.	0,149 m/s ²	30	8
3.	0,183 m/s ²	30	8
4.	0,124 m/s ²	30	8

Średnia wartość temperatury w trakcie badań wynosiła 27,0°C, a wilgotność względna była na poziomie 54,2%.

Każdy z wykonanych pomiarów trwał 30 min. W tym czasie operator maszyny wykonywał swoje zadania związane z robotami ziemnymi. Na podstawie powyższych danych można stwierdzić, że wartości pomiarów drgań mechanicznych wynosiły od 0,110 m/s² do 0,183 m/s². Odnosząc te wartości do wielkości normatywnych (NDN) można stwierdzić, że nie zostały one przekroczone. Najwyższa wartość 0,183 m/s² była daleka od przekroczenia minimalnych wartości normatywnych.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że w badanym środowisku pracy, a zarazem w związanym z nim egzemplarzu maszyny – koparki, występuje czynnik szkodliwy, jakim są drgania mechaniczne. Jednakże ich natężenie stwierdzone podczas pomiarów było niskie, nie przekraczało przyjętych wartości NDN. W związku z tym koparkę opisywaną pod kątem drgań mechanicznych można uznać za bezpieczną, gdyż drgania występujące w czasie jej pracy nie zagrażają zdrowiu pracownika.

Obserwacje poczynione w oparciu o prowadzone badania:

1. Najwyższa odnotowana wartość drgań mechanicznych wynosiła 0,183 m/s² i nie przekroczyła zalecanych poziomów.

2. Poziom narażenia na drgania pracownika obsługującego koparkę jest niski, a wartości progów działania nie zostały przekroczone.

Bibliografia

- Alphin M.S., Sankaranarayanan K., Sivapirakasam S.P., 2010. Experimental evaluation of whole body vibration exposure from tracked excavators with hydraulic breaker attachment in rock breaking operations, *J. Low. Freq. Noise V. A.*, 29(2), 101–110. <https://doi.org/10.1260/0263-0923.29.2.101>
- Bednarz S., Urba R., 2006. Drgania maszyn robotniczych urządzeń wiertniczych a bezpieczeństwo pracy, *Nafta Gaz*, 23(1), 87–94.

- Dąbrowski Z., 2015. Minimalizacja drgań działających na operatorów maszyn do robót ziemnych, *Mag. Autostr.*, 4, 18–21.
- Dobry M.W., Wojsznis M., 2004. Oddziaływanie drgań miejscowych na organizm ludzki – ocena analizy dynamicznej i energetycznej, *Diagnostyka* 30(1), 151–154.
- Dz.U. 2005, nr 157, poz. 1318. 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. 2013 poz. 1367. Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 4 września 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie chorób zawodowych.
- Dz.U. 2018, poz. 1286. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.
- Dziurdź J., 2011. Zagrożenia człowieka w środowisku pracy. Drgania i hałas. Materiały dydaktyczne, Politechnika Warszawska, Warszawa.
- Engel Z., 2001. Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, PWN, Warszawa.
- Hadryś D., Hadryś L., 2018. Bezpieczne użytkowanie maszyn do robót ziemnych podczas robót budowlanych, *Promotor* 5.
- Harazin B., 2006. Szacowanie ryzyka zawodowego i ryzyka zdrowotnego związanego z działaniem miejscowych drgań mechanicznych, *Bezp. Pr. Nauk Prakt.*, 6, 8–10.
- Kielbasa P., Drózd T., Wojtas D., 2019. Analiza drgań ogólnych i miejscowych na stanowisku pracy operatora specjalistycznej maszyny drogowej, *Autobusy*, 1–2. <https://doi.org/10.24136/at.2019.051>
- Korulczyk M., 2011. Funkcjonowanie człowieka w środowisku pracy wybrane aspekty, *Postępy Nauki Tech.* 8, 218–225.
- Koton J., Majewski A., 2004. Drgania i hałas na stanowiskach pracy w środkach komunikacji miejskiej – badania dozymetryczne, *Bezp. Pr. Nauk Prakt.*, 7–8, 12–15.
- Łastowiecka-Moras E., 2020. Skutki zdrowotne narażenia pracowników na drgania mechaniczne przenoszone przez kończyny górne, *Bezp. Pr. Nauk Prakt.*, 10(589), 18–21. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.4472>
- Morzyński L., Szczepański G., 2017. Model systemu zdalnego monitoringu parametrów wibroakustycznych środowiska pracy, *Bezp. Pr. Nauk Prakt.*, 4, 16–20.
- 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.
- Solecki L., 2007. Preliminary recognition of whole-body vibration risk in private farmers' working environment, *Ann. Agric. Environ. Med.*, 14(2), 299–304.
- Świątkowska B., Hanke W., Szeszenia-Dąbrowska N., 2020. Choroby zawodowe w Polsce w 2019 roku, IMP im. prof. Nofera, Centralny Rejestr Chorób Zakaźnych, Łódź.
- Zajac J., Kowalski P., Rejman M., 2019. Zalecenia do profilaktyki drgań mechanicznych na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych, CIOP-PIB, Warszawa.
- Zajac J., Kowalski P., Rejman M., 2020. Drgania o ogólnym działaniu na wybranych stanowiskach pracy w firmach zajmujących się przeróbką surowców mineralnych – wyniki badań własnych, *Bezp. Pr. Nauk Prakt.*, 5, 26–28.

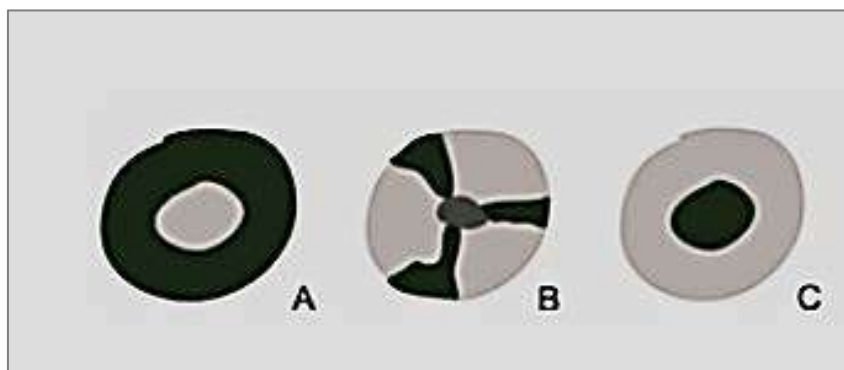
Weronika Kamińska¹, Szymon Chmielewski¹, Ilona Woźniak¹,
Adam Gawryluk¹

Detekcja struktury zielonego pierścienia Lublina metodami teledetekcyjnymi

The Lublin's green belt delimitation with the means of remote sensing

Zielone pierścienie są instrumentem planistycznym, funkcjonującym od ponad wieku, w obszarach metropolitalnych; stanowią je obwodowe pasy zieleni [Degórska 2017]. Zielone pierścienie są jednym z podstawowych narzędzi planistycznych mającym na celu zapobieganie zjawisku *urban sprawl* – niekontrolowanemu procesowi „rozlewania się” zabudowy na tereny podmiejskie. Konsekwencją tego negatywnego zjawiska jest degradacja środowiska przyrodniczego, w tym defragmentacja systemów przyrodniczych oraz przerwanie sieci powiązań ekologicznych. Zadaniem zielonych pierścieni jest zahamowanie zabudowy terenów otwartych, pełnią one również funkcję rekreacyjną, żywicielską lub produkcyjną [Wyrzykowska 2017]. Cieszewska [2019] klasyfikuje zielone pierścienie pod względem struktury przestrzennej oraz definiuje je jako grupę terenów otwartych, tj. obszary lasów, parki, łąki, pastwiska oraz tereny w rolniczym użytkowaniu – pola uprawne, sady, wody powierzchniowe, a także obszary pozbawione zabudowy. Obok klasycznej formy pierścienia mogą być formowane tzw. zielone kliny (ang. *green wedges*) w postaci układów pasm terenów otwartych wnikających z obszaru metropolitalnego do intensywnie zabudowanego obszaru wewnątrz miasta. *Green heart* – zielone serce, obejmuje rozległy obszar terenów otwartych, zlokalizowany wewnątrz aglomeracji policentrycznej, wskazany w celu ograniczania rozprzestrzeniania się zabudowy, a w konsekwencji zlewania się miast [Cieszewska 2012]. Interpretację typów omówionych powyżej struktur przedstawiono na rycinie 1.

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiżynierii, weronikakaminska.09@gmail.com



Ryc. 1. Typy struktury przestrzennej zielonych pierścieni: A – zielony pas, B – zielone kliny, C – zielone serce [Cieszewska 2012]

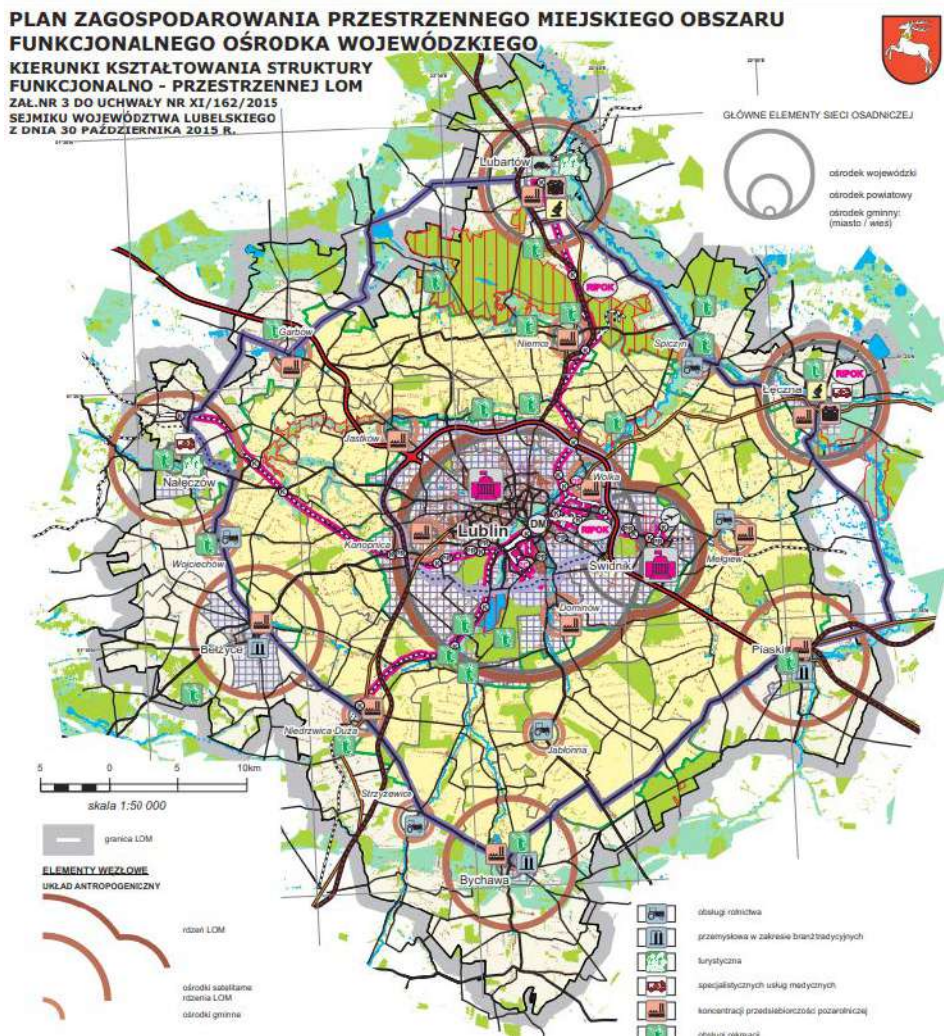
Koncepcja zielonych pierścieni, bez względu na typ struktury przestrzennej, pozwalała na utrzymanie terenów otwartych wolnych od zabudowy w obszarze metropolitalnym, tj. obszarze powiązanych funkcjonalnie miast stanowiącym ciągi przestrzenne kompleks osiedleńczy, który zamieszkuje ponad 750 000 osób [Izdebski 2010]. Spotyka się jednak wyznaczenie tej koncepcji dla miast o mniejszej liczbie ludności [Cieszewska 2012].

Zielony pierścień dla woj. lubelskiego został wyznaczony w załączniku nr 3 do Uchwały nr XI/162/2015 Sejmiku Województwa Lubelskiego z dnia 30 października 2015 r. w Planie Zagospodarowania Przestrzennego Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Ośrodka Wojewódzkiego – Kierunki kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej LOM. Powiązano z nim obszary o nadrzędnej funkcji przyrodniczej, tj. ostoje przyrody, kluczowe ekosystemy leśne, powiązania przyrodnicze (korytarze ekologiczne) zawarte w kierunkach rozwoju, ciągi ekologiczne wymagające utrzymanie drożności: leśne i dolinne w powiązaniach przyrodniczych.

W Planie Zagospodarowania Przestrzennego Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Ośrodka Wojewódzkiego – Kierunki kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej LOM pierścień został wyznaczony w obrębie rozległej strefy rolniczej obejmującej obszary od Łęcznej po Lubartów, z wykluczeniem obszarów strefy urbanizacji (ryc. 2), stąd też będących przedmiotem niniejszej pracy.

Celem pracy jest wyznaczenie granic i zbadanie struktury pokrycia terenu zielonego pierścienia bezpośrednio w obrębie strefy urbanizacji. Strefa urbanizacji obejmuje Aglomerację Lubelską oraz pozostałe miasta w granicach administracyjnych.

Na potrzeby prezentowanej pracy pozyskano dane satelitarne z konstelacji Sentinel-2 MSI (rozdzielczość terenowa piksela 10 m) pozwalające wykonać opracowania kartograficzne z dokładnością przestrzenną zbliżoną do map w skali 1 : 25 000. Podjęte badania mają również na celu poznanie układu przestrzennego oraz struktury pokrycia terenu w obrębie zielonego pierścienia w Lublinie. Dzięki wstępnej analizie zmian zachodzących w obrębie zidentyfikowanej struktury zielonego pierścienia Lublina możliwa jest również identyfikacja głównych zagrożeń, a tym samym sformułowanie zaleceń dotyczących ochrony.



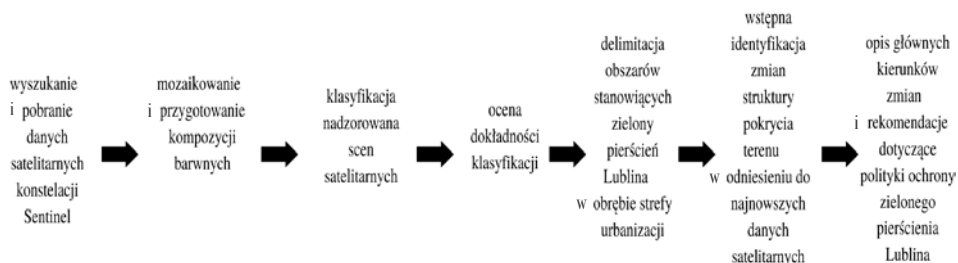
Ryc. 2. Zielony pierścień Lublina wyznaczony w Planie Zagospodarowania Przestrzennego Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Ośrodka Wojewódzkiego – Kierunki kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej LOM (obszar oznaczony żółtym wypełnieniem z zieloną linią graniczną); opracowanie nie wyznacza zielonego pierścienia ściśle w strefie urbanizacji Lublina [Uchwała nr XI/162/2015 Sejmiku Województwa Lubelskiego z dnia 30 października 2015 r.]

W niniejszej pracy do analizy zielonego pierścienia w obrębie lubelskiej strefy urbanizacji zastosowano metody teledetekcyjne. Międzynarodowe Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS) zdefiniowało teledetekcję wspólnie z fotogrametrią jako „dział nauk technicznych zajmujących się pozyskiwaniem wiarygodnych informacji o obiektach

fizycznych i ich otoczeniu drogą rejestracji, pomiaru i interpretacji obrazów lub ich reprezentacji cyfrowych uzyskiwanych dzięki sensorom nie będącym w bezpośrednim kontakcie z tymi obiektami” [za: Sitek 1992]. Teledetekcja satelitarna obejmuje system satelit, które systematycznie obrazują powierzchnię Ziemi i dostarczają danych niezbędnych do prowadzenia wieloaspektowego monitoringu. Do analizy zielonego pierścienia Lublina wykorzystano dane Sentinel-2 MSI. Konstelacja satelitów Sentinel-2 pozyskuje dane wielospektralne o zakresie promieniowania widzialnego (VIS), czerwieni krawędziowej (RE) oraz bliskiej i średniej podczerwieni (NIR, SWIR). Konstelacja satelitów Sentinel-2 składa się z dwóch bliźniaczych satelitów. Oba satelity Sentinel-2 wyposażone są w skaner wielospektralny MSI (MultiSpectral Instrument) obrazujący powierzchnię Ziemi w 13 kanałach spektralnych. Dane pozyskane przez satelity Sentinel-2 publikowane są jako sceny (ang. *tile*, *granule*) o zasięgu 100×100 km [Cisło-Lesicka 2020].

Metoda badań

Prace metodyczne (ryc. 3) zostały podzielone na siedem etapów: 1) wyszukanie i pobranie danych satelitarnych konstelacji Sentinel-2 MSI, 2) mozaikowanie i przygotowanie kompozycji barwnych, 3) klasyfikacja nadzorowana scen satelitarnych, 4) ocena dokładności klasyfikacji, 5) delimitacja obszarów stanowiących zielony pierścień Lublina w obrębie strefy urbanizacji, 6) wstępna identyfikacja zmian struktury pokrycia terenu w odniesieniu do najnowszych danych satelitarnych, 7) opis głównych kierunków zmian i rekomendacje dotyczące polityki ochrony zielonego pierścienia Lublina.



Ryc. 3. Graficzny schemat toku postępowania metodycznego

Etap 1. Wyszukanie i pobranie danych satelitarnych konstelacji Sentinel

Do przeprowadzenia analiz detekcji przestrzennej struktury oraz monitoringu zielonego pierścienia Lublina zastosowano sceny satelitarne Sentinel-2 MSI. Cechą wyróżniającą te dane jest przede wszystkim otwarty dostęp do danych, stosunkowo krótki czas rewizyty (10 dni jednej satelity/5 dni dwóch satelit), obrazowanie w kanale podczerwieni ułatwiające m.in. identyfikację obszarów wegetacji oraz duża ilość materiałów edukacyjnych dotyczących przetwarzania danych Sentinel-2. Dane wyszukano w repozytorium danych przestrzennych programu Copernicus dostępnym pod adresem internetowym scihub.copernicus.eu. Przyjęto następujące kryteria wyszukiwania: produkt typu Level-2A

dostarczający gotową kompozycję kanałów barw naturalnych (RGB) wraz z korekcją atmosferyczną (BOA), brak zachmurzenia sceny oraz pozyskanie danych w okresie wegetacyjnym od maja do sierpnia. Wyszukano dane pokrywające obszar miasta Lublin oraz tereny sąsiednie w promieniu 20 km. Wśród przeglądanych danych archiwalnych starano się wyszukać zestaw danych możliwie najstarszy oraz możliwie najnowszy, pozyskany w tym samym miesiącu.

Etap 2. Mozaikowanie i przygotowanie kompozycji barwnych

Pobrano dwa zestawy danych, które odpowiadają datom 2018 oraz 2021. Dane poddano mozaikowaniu w oprogramowaniu ArcGIS Pro. Następnie wzbogacono kompozycje barw naturalnych RGB o dodatkowy kanał bliskiej podczerwieni (IR), tym samym do dalszych analiz zastosowano kompozycję czterech kanałów pozyskanych przez sensory MSI: kanału 2, 3, 4 oraz 8. Uzyskaną mozaikę rastrową przycięto do obszaru stanowiącego okrąg o promieniu 20 km, wyznaczony od centrum Lublina (za punkt centralny przyjęto stadion Arena Lublin). Przygotowane dane zapisano w formacie tiff i poddano wizualizacji.

Etap 3. Klasyfikacja nadzorowana scen satelitarnych

Zestaw danych z 2018 roku poddano procedurze nadzorowanej klasyfikacji pikselowej. Ponieważ zielony pierścień strefy urbanizacji stanowią obszary zarówno wegetacji wysokiej (lasy, zakrzaczenia), jak i tereny otwarte (np. łąki towarzyszące ciekom wodnym), przyjęto następujący podział na klasy i podklasy pokrycia terenu: lasy (liściaste, iglaste), łąki, tereny rolnicze (z wegetacją, bez wegetacji), wody, obszary zurbanizowane. Dla każdej z klas przygotowano po 20 pól treningowych użytych w procesie klasyfikacji. Pola treningowe wyznaczano samodzielnie na drodze fotointerpretacji ekranowej kompozycji sceny Sentinel-2 MSI zarówno w barwach naturalnych, jak i z kanałem podczerwieni. Starania miały na celu wyznaczenie możliwie jednoznacznej i charakterystycznej dla danej klasy pokrycia terenu grupy pikseli. Klasyfikację nadzorowaną przeprowadzono w oprogramowaniu ArcGIS Pro z pomocą kreatora klasyfikacji, testując trzy dostępne klasyfikatory, tj. Super Vector Machine (SVM), Maximum Likelihood (ML) oraz Random Trees (RT). Założono, że zostanie wybrany klasyfikator pozwalający osiągnąć najwyższą dokładność klasyfikacji.

Etap 4. Ocena dokładności klasyfikacji

Ocenę dokładności klasyfikacji wykonano na podstawie 100 losowo rozmieszczonych punktów kontrolnych (PK), z których każdy odpowiadał klasie pokrycia terenu sklasyfikowanej przez operatora i stanowił punkt referencyjny względem klasyfikacji wykonanej przez testowane algorytmy (SVM, RT oraz ML). Ocenę dokładności przeprowadzono, stosując macierz błędów, w której opisano dokładność ogólną, dokładność użytkownika, dokładność producenta oraz współczynnik Kappa [Foody 2020]. Macierze błędów przedstawiono w formie tabeli. Wybrano klasyfikator cechujący się najwyższą ogólną dokładnością klasyfikacji. Opiswanej klasyfikacji i ocenie poddano dane z 2018 roku.

Etap 5. Delimitacja zielonego pierścienia

Wyniki klasyfikacji cechujące się najwyższą dokładnością ogólną, poddano konwersji do formatu wektorowego i wizualizacji na mapie. Na tej podstawie można było zidentyfikować przestrzenną strukturę zielonego pierścienia Lublina oraz określić jego typ i przestrzenny zasięg w bezpośrednich granicach obszaru urbanizacji. Na podstawie przygotowanej kompozycji barwnej, będącej wynikiem klasyfikacji sceny satelitarnej Sentinel-2 MSI, zwektoryzowano obszary łączności ekologicznej tworzone przez wegetację wysoką, niską oraz wody powierzchniowe. Tak wyznaczone obszary przyjęto jako zielony pierścień Lublina – ze względu na układ klinowy w dalszej części określany jest on jako zielony klin (ZK) – i w jego obrębie prowadzono dalsze analizy. Dane wektorowe będące wynikiem klasyfikacji sceny satelitarnej przycięto do obszaru ZK i przeanalizowano pod kątem struktury pokrycia terenu, obliczając procentowy udział poszczególnych form; wyniki przedstawiono w postaci tabelarycznej oraz w formie wykresu kołowego.

Etap 6. Identyfikacja zagrożeń

W celu identyfikacji istniejących zagrożeń ZK porównano sceny satelitarne z lat 2018 i 2021 i zidentyfikowano zmiany najbardziej istotne (o największej skali), stosując metodę fotointerpretacji ekranowej [Ellis i in. 2006, Kadmon i Harari-Kremer 1999]. Obszary, w których zauważono zmiany w zasięgu lub strukturze przestrzennej ZK, przedstawiono w postaci graficznej (porównanie dwóch scen satelitarnych).

Etap 7. Rekomendacje

Na podstawie zidentyfikowanych zmian w strukturze pokrycia terenu ZK Lublina oceny dokonano w kontekście rekomendacji dotyczących ochrony.

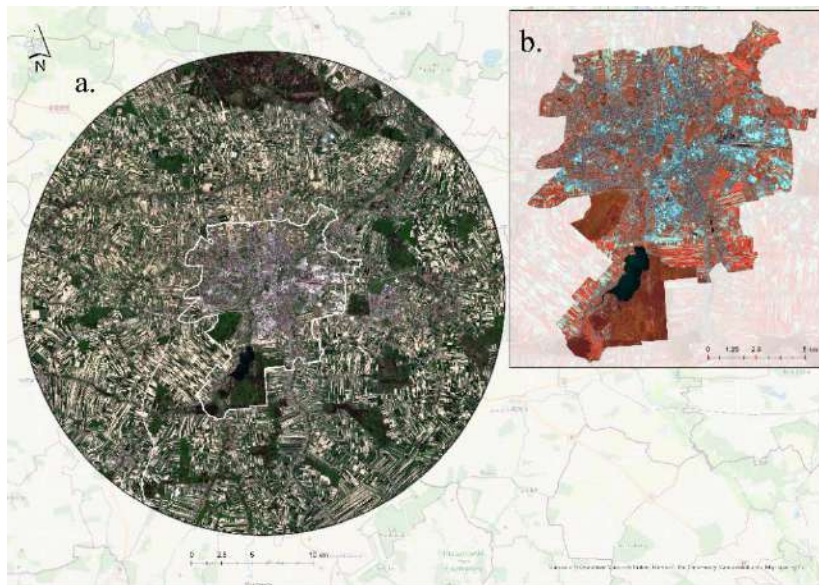
Wyniki

W wyniku kwerendy danych satelitarnych dla obszaru miasta Lublin dostępnych było w sumie 2968 scen satelitarnych Sentinel 2-MSI, z których wybrano te spełniające kryteria opisane w części metodycznej pracy. Dane, które posłużyły analizie, to zdjęcia z maja 2018 oraz 2021 roku. Obie sceny, o numerach identyfikacyjnych:

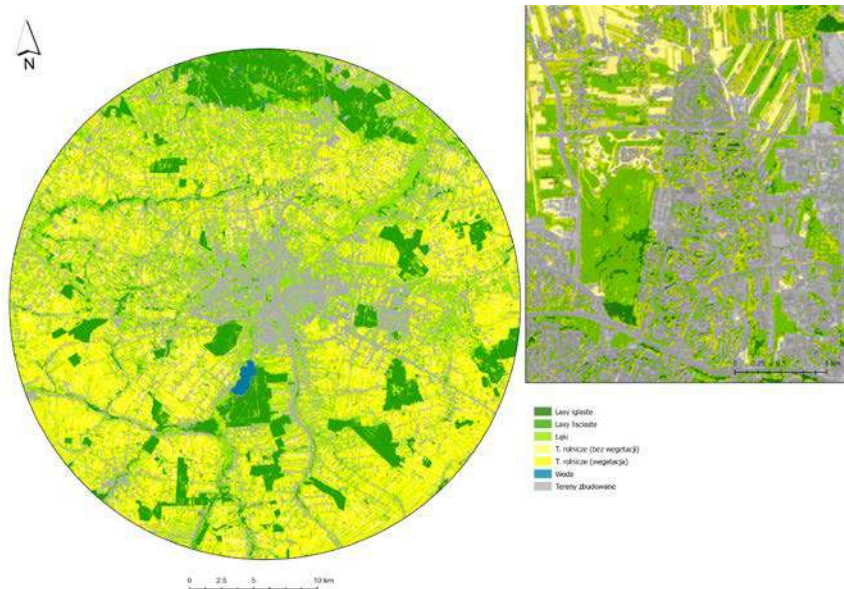
– 2A_MSIL2A_20180527T093041_N0208_R136_T34UEB_20190527T121043,
– S2A_MSIL2A_20210511T093031_N0300_R136_T34UFB_20210511T120358,
są produktami poddanymi już korekcji geometrycznej i radiometrycznej.

Wynikiem prac drugiego etapu są dwie mozaiki scen satelitarnych, które na potrzeby prac badawczych prowadzonych ściśle w lubelskiej strefie urbanizacji, przycięto do okręgu 20 km. Tak przygotowane dane poddano wizualizacji, stosując kompozycje zarówno barw naturalnych, jak i z kanałem podczerwieni (ryc. 4a i 4b).

W wyniku przeprowadzonej klasyfikacji wyznaczono siedem klas pokrycia terenu: lasy iglaste, lasy liściaste, łąki, tereny rolnicze bez wegetacji, tereny rolnicze z wegetacją, wody oraz tereny zurbanizowane. Wizualizację wyników klasyfikacji przedstawiono na rycinie 5.



Ryc. 4. Mozaika scen satelitarnych Sentinel-2 MSI: a) kompozycja barw naturalnych (RGB), b) kompozycja barw z kanałem podczerwieni (CIR)



Ryc. 5. Struktura użytkowania terenu określona metodą klasyfikacji nadzorowanej sceny satelitarnej Sentinel-2 MSI zarejestrowanej w maju 2018 r.

W etapie czwartym obliczono ogólną dokładność klasyfikacji, która wyniosła 80%, uzyskano wartość współczynnika Kappa 74; wyniki uznano za stosunkowo dobre. Matryce błędów z wynikami oceny dokładności klasyfikacji przedstawiono w tabeli 1. Najwięcej błędów stwierdzono w obrębie klasy „tereny rolnicze z roślinnością”, dokładność wyniosła zaledwie 55% i najczęściej klasyfikator mylił je z terenami łąk. Najdokładniej sklasyfikowano las iglasty (100%).

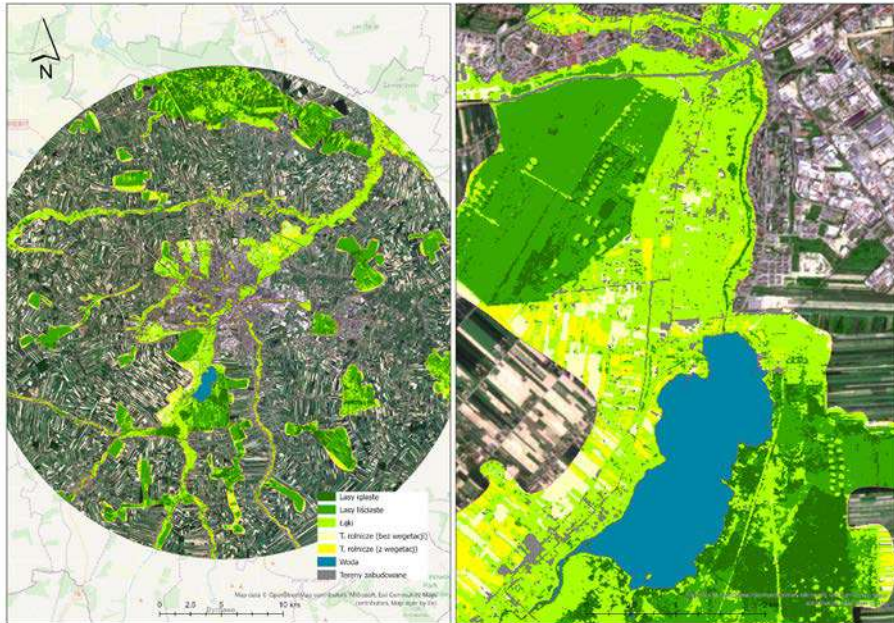
Tabela 1. Matryca błędów klasyfikacji metodą ML

Wynik klasyfikacji	Dane referencyjne									
	Las		Łąki	Tereny rolnicze		Wody	Tereny zurbanizowane	Suma	Dokładność	Kappa
	iglasty	liściasty		bez roślinności	z roślinnością					
Las iglasty	17	0	0	0	0	0	0	17	1	0
Las liściasty	2	30	0	0	0	0	0	32	0,94	0
Łąki	0	1	16	1	5	0	1	24	0,67	0
Tereny rolnicze bez roślinności	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
Tereny rolnicze z roślinnością	2	1	6	0	11	0	0	20	0,55	0
Wody	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tereny zurbanizowane	0	0	0	0	0	1	5	6	0,83	0
Suma	21	32	22	2	16	1	6	100	0	0
Dokładność	0,81	0,94	0,73	0,5	0,69	0	0,83	0	0,8	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,74

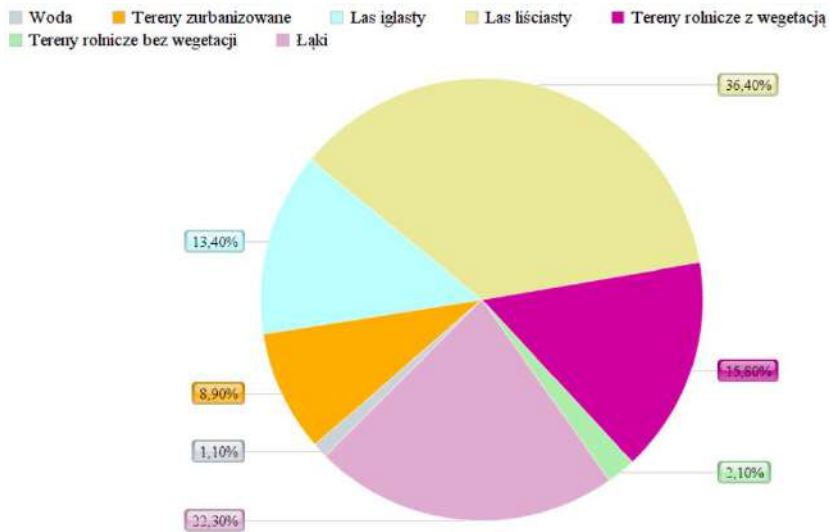
Na podstawie sklasyfikowanej sceny Sentinel uzyskanej na etapie 3 (ryc. 5) w ramach prac etapu 5 przeprowadzono wektoryzację ZK. Zidentyfikowano zasadnicze płaty: Zalew Zemborzycy z Lasem Dąbrowa oraz Kozłowiecki Park Krajobrazowy, mniejsze płaty stanowiły lasy: Rejkowizna, Mełgiewski, Stary Gaj, Krępiecki, Skrzynicki, Poszpitalny, Jawidzki, Radawiecki, Osmolicki, Żabowolski. Cechą charakterystyczną są trzy główne układy liniowe nadające charakter klina, tj. doliny: Bystrzyca, Ciemięgi, Czerniejówki. Łączna powierzchnia ZK wynosi 28278,3 ha. Wizualizacje ZK przedstawiono na rycinie 6, szczegółowe dane dotyczące form pokrycia terenu w obrębie lubelskiego ZK zawarto w tabeli 2 i na rycinie 7.

Tabela 2. Struktura pokrycia lubelskiego ZK w 2018 roku

Lp.	Klasa użytkowania terenu	Powierzchnia
1.	las iglasty	3790,6 ha
2.	las liściasty	10288,6 ha
3.	łąki	6303,9 ha
4.	tereny rolnicze z roślinnością	4476,1 ha
5.	wody	291,6 ha
6.	tereny zurbanizowane	2523,9 ha
7.	tereny rolnicze bez roślinności	603,6 ha



Ryc. 6. Wyniki delimitacji granic ZK wraz z analizą struktury pokrycia terenu w obrębie ZK



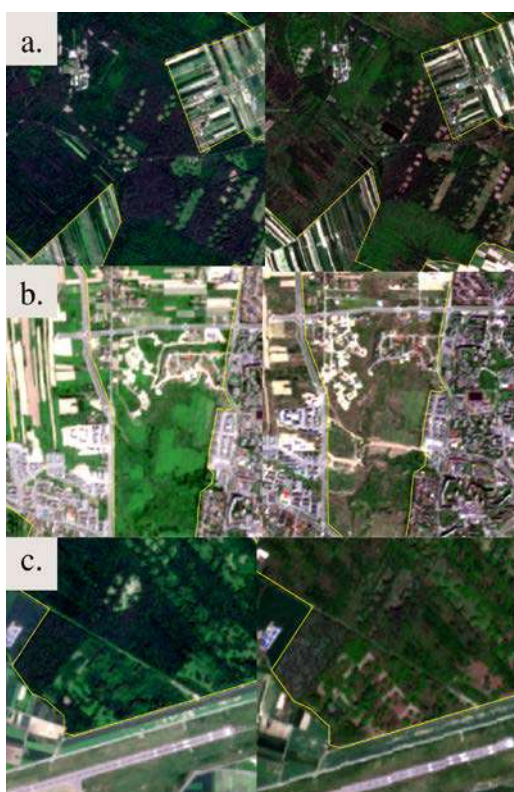
Ryc. 7. Wykres przedstawiający procentowy udział form pokrycia terenu

Wynikiem etapu interpretacji zmian w obrębie ZK jest wskazanie trzech kluczowych obszarów problemowych.

1. Istotne zmiany zaobserwowano w obrębie Lasów Parczewskich – obszar Kozłowieckiego Parku Krajobrazowego. Są to lasy o charakterze gospodarczym. Widoczne są ubytki powierzchni lasów spowodowane intensywną gospodarką leśną (charakterystyczne rębnie gniazdowe).

2. Górkę Czechowskie to duży obszar zieleni w północnej części Lublina, o półnaturalnym charakterze. Teren ten został poddany intensywnej urbanizacji. Przeprowadzono na nim trasę pieszą w kierunku północ–południe, która wyraźnie rozcina obszar na dwie części, dając przyzwolenie do urbanizacji w części północnej.

3. Las Poszpitalny Świdnicki, w którym intensywna gospodarka leśna nakierowana była na wycinkę drzew. Zidentyfikowane obszary problemowe przedstawiono na rycinie 8.



Ryc. 8. Zmiany zidentyfikowane na terenie: a) Lasów Parczewskich, b) Górek Czechowskich, c) Lasu Poszpitalnego Świdnickiego

W ramach rekomendacji – celu ochrony terenów zieleni wokół ośrodka metropolitalnego – sugeruje się jako słuszne rozwiązanie sporządzenie mapy zielonego pierścienia oraz umieszczenie granic lubelskiego zielonego klina w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Zaleca się również objęcie zielonego klina ochroną prawną, a także wzmocnienie roli edukacyjnej oraz poszerzenie świadomości ekologicznej na temat roli zielonego pierścienia w Lublinie.

Dyskusja

Dzięki uruchomieniu projektu Copernicus, będącego głównym ogniwem europejskiego systemu obserwacji Ziemi Copernicus, diagnozowanie stanu środowiska przyrodniczego stało się dostępne dla szerokiego grona naukowców i społeczności akademickiej. Bezpłatny dostęp do danych satelitarnych pozyskanych przez konstelację satelitów Sentinel oraz ciągły rozwój funkcjonalności oprogramowania GIS stymuluje rozwój nauki również na poziomie opracowań wykonywanych także przez studentów studiów z zakresu gospodarki przestrzennej. Zastosowanie wydajnych algorytmów nadzorowanej klasyfikacji obrazów cyfrowych zaimplementowanych w oprogramowaniu GIS (ArcGIS Pro) pozwala w krótkim czasie uzyskać obiektywną informację przestrzenną na temat zmian pokrycia terenu, w tym zasięgu terenów tworzących zielony pierścień miasta. Planiści przestrzenni mogą wykorzystywać mapę pokrycia terenu opracowaną na podstawie danych satelitarnych dla lepszego rozumienia dzisiejszych wyzwań i założeń, podejścia geograficznego do decyzji dotyczących zrównoważonego użytkowania gruntów, wód powierzchniowych i zarządzania zasobami przyrodniczymi [Geoforum 2022].

Tabela 3. Dokładność klasyfikacji uzyskana metodą SVM, 2018 rok

Wynik klasyfikacji	Dane referencyjne									
	las		łąki	tereny rolnicze		wody	tereny zurbanizowane	suma	dokładność	Kappa
	iglasty	liściasty		bez wegetacji	z wegetacją					
Las iglasty	20	0	0	0	0	0	0	20	1	0
Las liściasty	1	29	3	0	0	0	0	33	0,88	0
Łąki	0	3	14	0	6	0	2	25	0,56	0
Tereny rolnicze bez wegetacji	0	0	0	1	0	0	3	4	0,25	0
Tereny rolnicze z wegetacją	0	0	0	5	1	10	0	16	0,625	0
Wody	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Tereny zurbanizowane	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Suma	21	32	22	2	16	1	6	100	0	0
Dokładność	0,95	0,91	0,64	0,5	0,625	1	0,17	0	0,76	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,69

W pracy omówiono jeden z istotniejszych problemów przestrzennych dotyczących polskich miast – defragmentację struktury zielonego pierścienia miasta. Żywiolowa i niekontrolowana urbanizacja przyczynia się do „rozlewania się” miast, nasilenia chaosu przestrzennego, zmian krajobrazu i wzrostu kosztów ekonomiczno-społecznych. W konsekwencji doprowadza to do degradacji środowiska przyrodniczego, w tym defragmentacji systemów przyrodniczych oraz przzerwania sieci powiązań ekologicznych [Degórska 2017]. Przedstawione w pracy wyniki potwierdzają, że zielony pierścień Lublina również

podlega tym niekorzystnym zmianom. Zastosowana tu metoda ma jednak swoje ograniczenia wynikające przede wszystkim z przyjętego sposobu obróbki danych źródłowych. Do opracowania wyników zastosowano metodę klasyfikacji nadzorowanej bazującą na algorytmie typu ML, ale wykonano również próby klasyfikacji z zastosowaniem algorytmów SVM, uzyskując nieco gorsze wyniki (tab. 3). Liczne prace naukowe (np. Alzate i Medina [2019]) wskazują na wysoką dokładność klasyfikatora SVM, który w porównaniu z klasyfikatorem ML lub RT pozwalał uzyskać najbardziej wiarygodne wyniki. W niniejszej pracy uzyskano stosunkowo wysoką ogólną dokładność (80%) przy współczynniku Kappa wynoszącym 0,74, a wyniki uzyskane w wyniku klasyfikacji SMV były nieznacznie słabsze. Powtórzenie klasyfikacji z większą liczbą pól testowych i treningowych mogłoby dać lepszy rezultat z zastosowaniem klasyfikatora SVM. Kolejnym ograniczeniem przyjętego podejścia metodycznego była sama dostępność danych źródłowych. Jako dane wejściowe wybierano sceny satelitarne pozyskane w możliwie tym samym czasie (zbliżony dzień w tym samym miesiącu). Chociaż obie sceny satelitarne Sentinel-2 zostały zarejestrowane w miesiącu maju, to lata 2018 i 2021 różniły się pod względem sezonu wegetacyjnego, tym samym obrazem wegetacji, kluczowej dla delimitacji ZK, był różny. Na podstawie tych doświadczeń, na potrzeby analogicznych prac polegających na delimitacji struktury zielonego pierścienia, zaleca się stosowanie szeregów czasowych, a więc zestawu zdjęć pozyskanych w kilku okresach sezonu wegetacyjnego.

Bibliografia

- Alzate B.E., Medina J.A.V., 2019. Comparison of maximum likelihood, support vector machines, and random forest techniques in satellite images classification, *Tecnura* 23(59). <https://doi.org/10.14483/22487638.14826>
- Cieszewska A., 2012. Green belt jako narzędzie zarządzania terenami otwartymi w obszarach metropolitalnych, Warszawa.
- Cieszewska A., 2019. Green belts. Zielone pierścienie wielkich miast, Warszawa.
- Cisło-Lesicka U., Hejmanowska B., Wężyk P., 2020. Dane satelitarne dla administracji publicznej, PAK, Kraków.
- Degórska B., 2017. Urbanizacja przestrzenna terenów wiejskich na obszarze metropolitalnym Warszawy. Kontekst ekologiczno-krajobrazowy, PAN IGiPZ, Warszawa.
- Ellis E.C., Wang H., Xiao H.S., Peng K., Liu X.P., Li S.C., Ouyang H., Cheng X., Yang L.Z., 2006. Measuring long-term ecological changes in densely populated landscapes using current and historical high resolution imagery. *Remote Sens. Environ.* 100, 457–473.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111630>
- Geoforum, 2022. Esri publikuje zaktualizowane mapy pokrycia terenu, <https://geoforum.pl/news/32110/esri-publikuje-zaktualizowane-mapy-pokrycia-terenu> [dostęp: 11.03.2022].
- Izdebski H., 2010. Zadania metropolitalne i instytucjonalne sposoby ich realizacji, Warszawa.
- Kadmon R., Harari-Kremer R., 1999. Studying long-term vegetation dynamics using digital processing of historical aerial photographs. *Remote Sens. Environ.* 68(2), 164–176.
- Sitek Z., 1992. Zarys teledetekcji lotniczej i sanitarnej. Wyd. Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica, Kraków.
- Uchwała nr XI/162/2015 Sejmiku Województwa Lubelskiego z dnia 30 października 2015 roku w sprawie uchwalenie Planu Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Lubelskiego.
- Wyrzykowska A., 2017. Green belt in voivodeship spatial management plans – analysis of documents, SSW, Sopot.

Mikrobiologiczne biosurfaktanty – rodzaje i zastosowanie w bioremediacji środowiska

Microbial biosurfactants – types and application in environmental bioremediation

Biosurfaktanty to środki powierzchniowo czynne pochodzenia naturalnego, wytwarzane przez mikroorganizmy, rośliny oraz organizmy zwierzęce [Santos i in. 2017]. Biosurfaktanty mikrobiologiczne przyjmują postać m.in. glikolipidów, lipopeptydów, fosfolipidów i polimerów [Farias i in. 2021]. W przeciwieństwie do surfaktantów syntetycznych naturalne środki powierzchniowo czynne wykazują biodegradowalność i tym samym są bardziej przyjazne środowisku [Santos i in. 2017]. Biosurfaktanty są wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu, a także w bioremediacji, która polega na usuwaniu zanieczyszczeń gleby i wód przy pomocy mikroorganizmów. Skuteczność biosurfaktantów została potwierdzona w redukowaniu kontaminacji środowiska spowodowanych wyciekami ropy naftowej, jak również skażeń metalami ciężkimi [Bjerk i in. 2021].

Surfaktanty

Termin „surfaktant” pochodzi od angielskiego określenia „surface anti agent”, które oznacza związek powierzchniowo czynny [Paraszkiewicz i Długoński 2003]. Grupa tych środków wykazuje się amfifilowością [Farias i in. 2021], ponieważ w ich strukturze obecne są polarne, hydrofilowe głowy oraz hydrofobowe, odpychające wodę ogony. Częsteckie surfaktantów ulegają hydrolizie w wodzie, jednak wykazują również zdolność do rozpuszczania się w rozpuszczalnikach organicznych. Rolą środków powierzchniowo czynnych jest zmniejszanie napięcia powierzchniowego wody. Za jego regulację odpowiada zjawisko adsorpcji, które występuje na granicy faz ciecz–gaz. Surfaktanty posiadają również zdolność do zmniejszania napięcia międzyfazowego pomiędzy olejem a wodą poprzez adsorpcję na granicy faz ciecz–ciecz [Assadi i in. 2012]. Właściwości te umożliwiają wykorzystanie ich w przemyśle, który opiera się na emulsyfikacji, detergencji, smarowaniu, zwilżaniu, spienianiu, dyspersji lub solubilizacji różnych faz [Santos i in. 2017]. Związki powierzchniowo czynne odpowiadają za właściwości czyszczące detergentów. Surfaktanty są wykorzystywane ponadto do produkcji m.in. kosmetyków, farmaceutyków, żywności oraz chemii gospodarczej [Paraszkiewicz i Długoński 2003].

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Biotechnologów „Biom”, malgorzata199@onet.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej

Obecnie surfaktanty są otrzymywane chemicznie, głównie z produktów naftowych ze względu na niski koszt produkcji. Syntetyczne środki powierzchniowo czynne nie ulegają jednak biodegradacji, co może prowadzić do problemów środowiskowych [Chong i Li 2017]. Wraz z wejściem w życie nowych przepisów mających na celu zarządzanie środowiskiem zwiększyła się chęć poszukiwania alternatywnych, naturalnych surfaktantów, które mogłyby być stosowane jako zamiennik ich syntetycznych odpowiedników. Producentami związków wykazujących właściwości tensioaktywne są układy biologiczne, wśród których wymienia się mikroorganizmy, rośliny (saponiny) oraz zwierzęta wytwarzające naturalne związki powierzchniowo czynne (sole żółciowe, wysięki skórne) [Santos i in. 2017].

Mikrobiologiczne biosurfaktanty – alternatywa dla syntetycznych surfaktantów

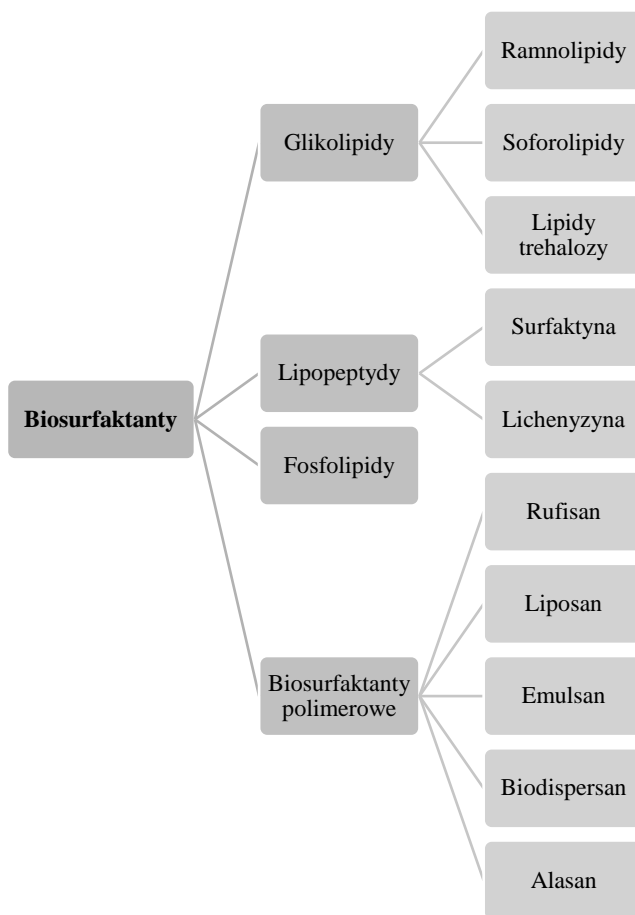
Surfaktanty mają swoje mikrobiologiczne odpowiedniki, którymi są biosurfaktanty [Shakeri i in. 2020]. Związki te tworzą zróżnicowaną grupę biocząsteczek, których masa cząsteczkowa mieści się w granicach od 0,5 kDa do 1000 kDa [Płaza i Achal 2020]. W ich budowie wyróżnia się część hydrofilową i hydrofobową, co jest związane z ich amfifilowością. W rejonie cząsteczki, który odpycha wodę, zawarte są zwykle kwasy tłuszczowe, alkohole tłuszczowe, a także hydroksylowe kwasy tłuszczowe o łańcuchach ośmio- lub osiemnastowęglowych. Hydrofilowe głowy biosurfaktantów złożone są zwykle z prostych estrów, grup karboksylowych/hydroksylowych, fosforanów, a także mono-, poli- bądź oligosacharydów. W tej części cząsteczki mogą również występować peptydy lub białka [Sharma 2016].

Za syntezywanie biosurfaktantów odpowiedzialna jest szeroka gama mikroorganizmów, wśród których wymienia się bakterie, grzyby oraz drożdże [Płaza i in. 2020, Shakeri i in. 2021]. Dominującymi gatunkami wykorzystywanymi w produkcji biosurfaktantów są: *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* i *Acinetobacter calcoaceticus*. Mikrobiologiczne związki powierzchniowo czynne mogą wchodzić w skład części błony komórkowej mikroorganizmu, ulegać zmetabolizowaniu w komórce lub zostać wydalone do środowiska zewnętrznego. Cechą biosurfaktantów jest ich znaczna aktywność emulgująca oraz powierzchniowa [Płaza i Achal 2020].

Środki powierzchniowo czynne pochodzenia biologicznego są niezwykle pożądane na rynku ze względu na ich ekologiczność [Shakeri i in. 2020]. Działają podobnie do syntetycznych środków, jednak wykazują mniejszą toksyczność w stosunku do środowiska. Istotną cechą jest także ich łatwość rozkładu w procesie biodegradacji. Zaletą biosurfaktantów jest to, że niektóre z nich wykazują tolerancję na ekstremalne warunki panujące w ich otoczeniu. Wśród nich wymienia się niskie bądź wysokie pH, wysoką temperaturę czy zasolenie. Środki powierzchniowo czynne pochodzenia biologicznego ujawniły także swoją aktywność przeciwko drobnoustrojom [Chong i Li 2017].

Rodzaje biosurfaktantów

Ze względu na zróżnicowany skład chemiczny biosurfaktanty podzielono na klasy, wśród których wymienia się glikolipidy, lipopeptydy, fosfolipidy oraz biosurfaktanty polimerowe (ryc. 1) [Farias i in. 2021]. Pierwsze z przywołanych stanowią grupę najlepiej przebadanych mikrobiologicznych środków powierzchniowo czynnych [Sharma 2016].



Ryc. 1. Podział biosurfaktantów ze względu na zróżnicowany skład chemiczny. Opracowanie własne na podstawie Farias i in. [2021]

Glikolipidy

W skład grupy glikolipidów, czyli węglowodanów połączonych wiązaniem estrowym z alifatycznymi lub hydroalifatycznymi kwasami tłuszczowymi, wchodzi ramnolipidy [Farias i in. 2021]. W ich budowie obecna jest grupa hydrofilowa, którą tworzy jedna lub dwie cząsteczki (L)-ramnozy połączone wiązaniem glikozydowym z grupą hydrofobową składającą się z jednego lub dwóch β -hydroksykwasów tłuszczowych [Chong i Li 2017]. Ramnolipidy wykazują działanie obniżające napięcie powierzchniowe wody z 72 mN/m do wartości poniżej 30 mN/m, zmniejszają również napięcie międzyfazowe pomiędzy wodą a ropą z 43 mN/m do nawet 1 mN/m [Costa i in. 2010]. Związki te wytwarzane są przez bakterie *Pseudomonas cepacia* oraz *Pseudomonas aeruginosa* (pałeczka ropy błękitnej) [Farias i in. 2021].

Podklasą glikolipidowych biosurfaktantów są również soforolipidy. Ich cząsteczki zbudowane są z soforozy – dwucukru połączonego wiązaniem glikozydowym z kwasem tłuszczowym [Geys i in. 2018]. Soforolipidy wykazują zdolność do przeprowadzania nieenzymatycznej laktonizacji. W zależności od budowy związku te są klasyfikowane jako występujące w formie kwasowej z wolną grupą karboksylową bądź w formie laktonowej, gdzie zachodzi wewnętrzna eteryfikacja pomiędzy grupą karboksylową reszty kwasu tłuszczowego a grupą 4"-OH reszty soforozy. Zarówno jedna, jak i druga forma wykazuje swoiste działanie, ponieważ soforolipidy laktonowe mają większą zdolność obniżania napięcia powierzchniowego, zaś kwasowe wytwarzają znaczną ilość piany [Kulakovskaya i Kulakovskaya 2014]. Mikroorganizmami produkującymi soforolipidy są m.in. drożdże *Candida bombicola* i *Candida magnoliae* [Farias i in. 2021].

Trzecią podklasą glikolipidów są lipidy trehalozy. Cząsteczki tej podklasy biosurfaktantów zawierają w swojej strukturze cukier nieredukujący – trehalozę, która zbudowana jest z dwóch monomerycznych jednostek glukozy połączonych ze sobą wiązaniem α, α -1,1-glikozydowym [Sharma 2016]. Ich mikrobiologicznymi producentami są głównie szczepy bakterii z rodzaju *Rhodococcus* [Inaba i in. 2013], jednak zdolność do wytwarzania tego glikolipidu została również zaobserwowana u takich gatunków, jak *Mycobacterium* sp. i *Nocardia* sp. Lipidy trehalozy obniżają napięcie powierzchniowe oraz ułatwiają rozpuszczanie mieszanin hydrofobowych [Sharma 2016].

Lipopeptydy

Kolejną klasą biosurfaktantów są lipopeptydy. W ich strukturze wyróżnia się hydrofilowe sekwencje peptydowe, które zwykle osiągają długość od 7 do 10 aminokwasów. Ugrupowanie hydrofobowe cząsteczek jest tworzone przez łańcuch kwasów tłuszczowych zawierających 13–18 atomów węgla [Kourmentza i in. 2021]. Lipopeptydy cechują się szeroką różnorodnością pod względem struktury, ponieważ w ich cząsteczkach obecne są często D-aminokwasy oraz izo- bądź anteizo-hydroksykwasy tłuszczowe [Geissler i in. 2019]. Lipopeptydy są produkowane zewnątrzkomórkowo przez takie bakterie, jak *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., a także przez niektóre promieniowce.

Do grupy lipopeptydów należy m.in. surfaktyna produkowana przez *Bacillus subtilis* [Sharma 2016]. W budowie jej cząsteczki obecny jest kwas tłuszczowy 3-hydroksy-13-metylotetradekanowy (C15) przyłączony do pierwszego aminokwasu (1-Glu) pierścienia heptapeptydowego, w którego skład wchodzi aminokwasy występujące w sekwencji 1-Glu, 1-Leu, D-Leu, 1-Val, 1-Asp, D-Leu i 1-Leu. Pomiędzy aminokwasami pierwszym a ostatnim występuje wiązanie estrowe, co skutkuje utworzeniem pierścienia laktonowego [Geissler i in. 2019]. Za wytwarzanie tego biosurfaktantu odpowiedzialny jest enzym – syntaza surfaktynowa. Właściwością surfaktyny jest obniżanie napięcia powierzchniowego, które występuje nawet w przypadku jej bardzo niskiego stężenia.

Innym lipopeptydem mikrobiologicznym jest lichenizyna produkowana przez *Bacillus licheniformis*. Wykazuje ona właściwości porównywalne do surfaktyny. Wśród zalet lichenizyny wymienia się odporność na temperaturę, zasolenie oraz pH. Wykazano ponadto, że działanie tego biosurfaktantu wpływa na obniżenie napięcia międzyfazowego pomiędzy wodą a n-heksadekanem [Roy 2018].

Lipopeptydy drobnoustrojowe posiadają również działanie antybiotyczne [Sharma 2016]. Przykładem są polimyksyny wytwarzane przez bakterie z rodzaju *Bacillus*, wykorzystywane w przypadku braku rezultatów leczenia za pomocą innych środków terapeutycznych [Geissler i in. 2019].

Fosfolipidy

Fosfolipidy są głównymi składnikami błon mikrobiologicznych. Na ich zawartość wpływa głównie sposób hodowli bakterii lub drożdży rozkładających węglowodory. Zaobserwowano, że wzrost stężenia fosfolipidów u takich drobnoustrojów następuje w wyniku zastosowania podłoża wzrostowych zawierających w swoim składzie substraty alkanowe. Wykazano, że szczep bakteryjny *Acinetobacter* sp. HO1-N hodowany na heksadekanie ma zdolność do wytwarzania pęcherzyków wypełnionych fosfolipidami, w tym głównie fosfatydyloetanoloaminą. Jej producentem okazał się także *Rhodococcus erythropolis*, którego podłoże zawierało n-alkan. Fosfolipid wykazał działanie obniżające napięcie międzyfazowe pomiędzy wodą a heksadekanem do wartości poniżej 1 mN m^{-1} i CMC (ang. *critical micelle concentration*) 30 mg L^{-1} [Patthanathu i in. 2008].

Biosurfaktanty polimerowe

Mikrobiologiczne surfaktanty polimerowe są złożonymi mieszaninami szerokiej gamy biopolimerów, takich jak białka, polisacharydy oraz lipopolisacharydy. Producentami tych komponentów są liczne gatunki bakterii wywodzące się z różnych rodzajów. Połączenie kwasów tłuszczowych oraz polisacharydów jest możliwe dzięki występującym pomiędzy nimi kowalencyjnym wiązaniom o-estrowym [Gayathiri i in. 2022]. Przykładami biosurfaktantów polimerowych są m.in. rufisan, liposan, emulsan, biodispersan oraz alasan [Farias i in. 2021].

Za wytwarzanie biosurfaktantu – liposanu odpowiedzialny jest grzyb *Yarrowia lipolytica*. Ten produkt mikrobiologiczny składa się z mieszaniny węglowodanów oraz białek. Posiada on zdolność tworzenia emulsji wraz z olejami jadalnymi. Liposan znalazł zastosowanie w przemyśle spożywczym i kosmetycznym [Gayathiri i in. 2022]. Szczepy gatunku *Yarrowia lipolytica* wykazują również zdolność do produkcji rufisanu, którego wytwarzanie odbywa się podczas wzrostu mikroorganizmów na oleju sojowym – odpadzie pochodzącym z przemysłu rafineryjnego [Krzyczkowska i Fabiszewska 2015].

Innym biosurfaktantem polimerowym jest emulsan produkowany przez szczepy *Acinetobacter calcoaceticus*. Posiada on właściwości emulgujące, nawet gdy występuje w niskich stężeniach, a także działa degradująco na ropę naftową. Ułatwia również przenikanie drobnoustrojów do podłoża poprzez powlekanie hydrofobowego medium [Gayathiri i in. 2022]. Ponadto szczepy tego gatunku bakterii wykazują zdolność do wytwarzania biosurfaktantu o nazwie biodispersan. Za wytwarzanie tego anionowego heteropolisacharydu odpowiada *Acinetobacter calcoaceticus* A2. Składnikiem aktywnym związku jest anionowy polisacharyd PS-A2. Oprócz niego w cząsteczce wykryto obecność czterech cukrów redukujących, którymi są: glukozamina, galaktozamina, 6-metyloaminoheksosa, kwas uronowy, oraz jednego nierozpoznanego aminocukru. Biodispersan znalazł zastosowanie m.in. w dyspergowaniu dwutlenku tytanu i wapienia [Ahmadi-Ashtiani i in. 2020].

Anionowym bioemulgatorem jest także alasan występujący jako mieszanina alany, polisacharydów i białek o masie cząsteczkowej 1 MDa. Producentem tego biosurfaktantu polimerowego jest *Acinetobacter radioresistens* KA53. Kompleks wykazuje zdolność do emulgacji szerokiej gamy węglowodorów, takich jak: alkany, parafiny, ropa naftowa, węglowodory długołańcuchowe, aromatyczne i wielopierścieniowe (PAH). Za te właściwości alasanu odpowiadają składniki białkowe zawarte w cząsteczce. Aktywność biosurfaktantu wynika z obecności zwiniętych w pętlę, silnie hydrofobowych regionów w cząsteczce proteiny, której masa wynosi 45 kDa [Uzoigwe i in. 2015].

Zastosowanie mikrobiologicznych biosurfaktantów w bioremediacji środowiska

Biosurfaktanty pełnią istotną rolę w bioremediacji środowiska, czyli w usuwaniu wycieków ropy naftowej, eliminowaniu skażenia metalami ciężkimi oraz oczyszczaniu ścieków.

Zanieczyszczenia środowiska będące wynikiem wycieków ropy stanowią źródło węgla i energii dla mikroorganizmów. Z tego powodu może dojść do przerwania łańcucha węglowodorowego i utraty amfifilowości, a w konsekwencji do powstania dwutlenku węgla (CO₂), wody (H₂O) i minerałów. Zastosowanie biosurfaktantów zwiększa biodostępność substratu dla drobnoustrojów.

W bioremediacji środowiska wykorzystywane są biosurfaktanty wytworzone przede wszystkim przez bakterie, takie jak: *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas putida*, *Renibacterium salmoninarum* i *Rhodococcus* spp. W celu przeprowadzenia bioremediacji gleby zanieczyszczonej olejem wykorzystuje się na przykład ramnolipid uzyskiwany przez *Pseudomonas aeruginosa* SR17 [Bjerk i in. 2021]. Wykazano, że skuteczność rozkładu całkowitego węglowodoru naftowego (TPH) w glebie, która posiada 6800 ppm i 8500 ppm TPH przez biosurfaktant ramnolipidowy, wynosi odpowiednio 86,1% i 80,5% [Patowary i in. 2018, Bjerk i in. 2021]. Natomiast biosurfaktant wytworzony przez *Pseudomonas* sp. CQ2 stosuje się w bioremediacji gleby skażonej metalami ciężkimi, takimi jak: kadm (Cd), ołów (Pb) i miedź (Cu). Jego skuteczność w obniżeniu kontaminacji kadmem wynosi 78,7%, miedzią – 65,7%, a ołowiem – 56,9% [Bjerk i in. 2021, Sun i in. 2021].

Podsumowanie

Biosurfaktanty to amfifilowe związki powierzchniowo czynne syntetyzowane przez mikroorganizmy. Stanowią nową generację cząsteczek surfaktantów korzystnie oddziałujących na środowisko. Ze względu na swoje specyficzne właściwości wykorzystywane są w bioremediacji do usuwania zanieczyszczeń zarówno organicznych, jak i nieorganicznych [Bjerk i in. 2021].

Bibliografia

Ahmadi-Ashtiani H-R, Baldisserotto A., Cesa E., Manfredini S., Sedghi Zadeh H., Ghafari Gorab M., Khanahmadi M., Zakizadeh S., Buso P., Vertuani S., 2020. Microbial biosurfactants as key multifunctional ingredients for sustainable cosmetics. *Cosmetics* 7(2), 46. <https://doi.org/10.3390/cosmetics7020046>

- Assadi, Y., Farajzadeh, M.A., Bidari, A., 2012. Dispersive liquid – liquid microextraction. W: J. Pawliszyn (red.), Comprehensive sampling and sample preparation. Academic Press, 181–212.
- Bjerk T.R., Severino P., Jain S., Marques C., Silva A.M., Pashirova T., Souto E.B., 2021. Biosurfactants: properties and applications in drug delivery, biotechnology and ecotoxicology. *Bioengineering* (Basel) 8(8), 115. <https://doi.org/10.3390/bioengineering8080115>
- Chong H., Li Q., 2017. Microbial production of rhamnolipids: opportunities, challenges and strategies. *Microb. Cell Fact.* 16, 137. <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0753-2>
- Costa S.G.V.A.O., Nitschke M., Lépine F., Déziel E., Contiero J., 2010. Structure, properties and applications of rhamnolipids produced by *Pseudomonas aeruginosa* L2-1 from cassava wastewater. *Process Biochem.* 45(9), 1511–1516. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.033>
- Farias C.B.B., Almeida F.C.G., Silva I.A., Souza T.C., Meira H.M., Soares da Silva R. de C.F., Luna J.M., Santos V.A., Converti A., Banat I.M., Sarubbo L.A., 2021. Production of green surfactants: market prospects. *Electron. J. Biotechnol.* 51, 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2021.02.002>
- Gayathiri E., Prakash P., Karmegam N., Varjani S., Awasthi M.K., Ravindran B., 2022. Biosurfactants: potential and eco-friendly material for sustainable agriculture and environmental safety – a review. *Agronomy* 12(3), 662. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030662>
- Geissler M., Heravi K.M., Henkel M., Hausmann R., 2019. Lipopeptide biosurfactants from *Bacillus Species*. W: D.G. Hayes, D.K.Y. Solaiman, R.D. Ashby (red.), *Biobased surfactants: synthesis, properties, and applications*, 2nd ed. Academic Press and AOCs Press, 205–240.
- Geys R., De Graeve M., Lodens S., Van Malderen J., Lemmens C., De Smet M., Mincke S., Van Bogaert I.N.A., Stevens C., De Maeseneire S.L., Roelants S.L.K.W., Soetaert W.K.G., 2018. Increasing uniformity of biosurfactant production in *Starmerella bombicola* via the expression of chimeric Cytochrome P450s. *Colloids Interfaces* 2(4), 42. <https://doi.org/10.3390/colloids2040042>
- Inaba T., Tokumoto Y., Miyazaki Y., Inoue N., Maseda H., Nakajima-Kambe T., Uchiyama H., Nomura N., 2013. Analysis of genes for succinoyl trehalose lipid production and increasing production in *Rhodococcus* sp. strain SD-74. *Appl. Environ. Microbiol.* 79(22), 7082–7090. <https://doi.org/10.1128/AEM.01664-13>
- Kourmentza K., Gromada X., Michael N., Degraeve C., Vanier G., Ravallec R., Coutte F., Karatzas K.A., Jauregi P., 2021. Antimicrobial activity of lipopeptide biosurfactants against foodborne pathogen and food spoilage microorganisms and their cytotoxicity. *Front. Microbiol.* 11, 561060. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.561060>
- Krzyszczkowska J., Fabiszewska A.U., 2015. *Yarrowia lipolytica* – niekonwencjonalne drożdże w biotechnologii. *Postępy Mikrobiol.* 54(1), 33–43.
- Kulakovskaya E., Kulakovskaya T., 2014. Physicochemical properties of yeast extracellular glycolipids. *Extracellular glycolipids of yeasts: biodiversity, biochemistry, and prospects*. Academic Press, San Diego, 29–34.
- Paraszkiewicz K., Długoński J., 2003. Biosurfaktanty drobnoustrojowe – synteza i zastosowanie. *Biotechnologia* 4(63), 82–91.
- Patowary R., Patowary K., Kalita M.C., Deka S., 2018. Application of biosurfactant for enhancement of bioremediation process of crude oil contaminated soil. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 129, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.01.004>
- Pattanathu K.S.M., Gakpe R., Gakpe E., 2008. Production, characterisation and applications of biosurfactants – review. *Biotechnology* 7(2), 360–370. <http://dx.doi.org/10.3923/biotech.2008.360.370>
- Płaza G., Achal V., 2020. Biosurfactants: eco-friendly and innovative biocides against biocorrosion. *Int. J. Mol. Sci.* 21, 2152. <https://doi.org/10.3390/ijms21062152>
- Roy A., 2018. A review on the biosurfactants: properties, types and its applications. *J. Fund. Renew. Energy Appl.* 8(1), 1000248. <https://doi.org/10.4172/2090-4541.1000248>
- Santos D.K.F., Resende A.H.M., de Almeida D.G., Soares da Silva R. de C.F., Rufino R.D., Luna J.M., Banat I.M., Sarubbo L.A., 2017. *Candida lipolytica* UCP0988 biosurfactant: potential as a bioremediation agent and in formulating a commercial related product. *Front. Microbiol.* 8, 767. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00767>

- Shakeri F., Babavalian H., Amoozegar M.A., Ahmadzadeh Z., Zuhuriyanizadi S., Afsharian M., 2020. Production and application of biosurfactants in biotechnology. *Biointerface Res. Appl. Chem.* 11(3), 10446–10460. <https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1044610460>
- Sharma D., 2016. Classification and properties of biosurfactants. Springer, Berlin, 21–42.
- Sun W., Zhu B., Yang F., Dai M., Sehar S., Peng C., Ali I., Naz I., 2021. Optimization of biosurfactant production from *Pseudomonas* sp. CQ2 and its application for remediation of heavy metal contaminated soil. *Chemosphere* 265, 129090. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129090>.
- Uzoigwe C., Burgess J.G., Ennis C.J., Rahman P.K., 2015. Bioemulsifiers are not biosurfactants and require different screening approaches. *Front. Microbiol.* 6, 245. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00245>

Zagrożenia chemiczne w środowisku pracy kucharza

Chemical hazards in the work environment of a cook

Sektor HoReCa (ang. *hotels, restaurants, catering*) to rozwijający się światowy sektor gospodarczy, w którego skład wchodzi stale rozrastająca się branża gastronomiczna. Powstają w niej nowe miejsca pracy, w tym dla kelnerów, kucharzy i pomocy kuchennej, szczególnie atrakcyjne dla młodych osób wkraczających w rynek pracy. Według karty zawodu kucharz jest odpowiedzialny za przygotowywanie, dekorowanie oraz wydawanie potraw podawanych zarówno na ciepło, jak i na zimno, deserów oraz napojów zgodnie z opracowaną recepturą i poznaną sztuką kulinarną. Personel kuchenny wykonuje swoją pracę w oddzielnym pomieszczeniu. W trakcie przygotowywania dań kucharz wykonuje trzy rodzaje obróbki: wstępną brudną, wstępną czystą oraz termiczną (właściwą). Przed przystąpieniem do obróbki brudnej kucharz ocenia organoleptycznie surowce i eliminuje te, które nie nadają się do spożycia. Obróbka brudna żywności polega na myciu oraz wykrawaniu części niejadalnych surowców pochodzenia zarówno roślinnego, jak i zwierzęcego. Powinna odbywać się w wydzielonym pomieszczeniu, by zminimalizować ryzyko ponownego zanieczyszczenia żywności. Obróbka czysta to czynności takie jak krojenie, siekanie i mielenie, co poprzedza obróbkę właściwą. W całym procesie przygotowywania dań najważniejszą rolę ma obróbka właściwa, ponieważ w jej trakcie potrawa nabiera pożądanych cech, np. smak czy konsystencję. Obróbka termiczna eliminuje ponadto mikroorganizmy chorobotwórcze, które mogą znajdować się na żywności [Dobre Kadry b.d., Adamska 2007].

Biorąc pod uwagę wiele zagrożeń występujących w środowisku pracy kucharza, pracodawca jest zobligowany rozporządzeniem w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy do ich identyfikacji, analizy i oceny oraz udokumentowania ryzyka zawodowego, uwzględniając wszystkie występujące czynniki potencjalnie niebezpieczne, szkodliwe bądź uciążliwe dla człowieka. Pojęcie środowiska pracy odnosi się do warunków środowiska materialnego (określonego czynnikami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi), w których wykonywana jest praca [Dz.U. 1997 nr 129, poz. 844].

Czynnikiem chemicznym nazywany jest każdy pierwiastek lub związek chemiczny w postaci zarówno własnej, jak i w mieszaninie, w stanie, w jakim występuje naturalnie

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Studenckie Koło Naukowe Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Sekcja Higieny Pracy, gabskosowska@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Studenckie Koło Naukowe Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Sekcja Higieny Pracy

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska

bądź jest wytwarzany, stosowany lub uwalniany w środowisku pracy, niezależnie od tego, czy jest lub nie jest celowo wytwarzany lub wprowadzany do obrotu. Dla tych czynników określone zostały wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS). Wartość taka jest wartością średnią ważoną stężenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu ośmiodziesiętnego dobowego czasu pracy przez cały okres aktywności zawodowej tego pracownika nie powinno negatywnie wpłynąć na jego stan zdrowia oraz na stan zdrowia jego przyszłych pokoleń. W ocenie ryzyka zawodowego przy czynnikach chemicznych należy uwzględnić m.in. informacje dotyczące rodzaju, poziomu i czasu trwania narażenia czy wartości NDS [Dz.U. 2005 nr 11, poz. 86; Dz.U. 2018 poz. 1286]. Szkodliwe czynniki chemiczne zostały sklasyfikowane ze względu na ich wpływ na organizm człowieka na substancje: toksyczne, drażniące, uczulające, rakotwórcze, mutagenne i upośledzające funkcje rozrodcze. Wnikają one do ludzkiego organizmu przez drogi oddechowe, skórę oraz przewód pokarmowy [Nowak 2007].

Personel kuchenny jest narażony na czynniki chemiczne podczas wszystkich podstawowych czynności – od obróbek wstępnych przez doprawianie i gotowanie po prace porządkowe. Warto zaznaczyć, że kucharzom zagrażają wszystkie te czynniki, które również przedostają się do żywności. Najistotniejsze zagrożenie chemiczne stanowi obróbka cieplna, czyli gotowanie, smażenie, grillowanie oraz pieczenie. W trakcie długotrwałego ogrzewania żywności do powietrza w pomieszczeniu przedostają się złożone emisje par zawierające szkodliwe związki chemiczne, w tym heterocykliczne aminy aromatyczne (HAA, HCA) i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Heterocykliczne aminy aromatyczne powstają wskutek gotowania żywności w temperaturze przekraczającej 100°C oraz w trakcie smażenia, opiekania i grillowania mięs. Do substancji o działaniu mutagennym i rakotwórczym należą HCA. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne powstają podczas silnego ogrzewania, wędzenia i spalania niecałkowitego substancji organicznych. Przedostają się do żywności oraz do emitowanego powietrza. Nigdy nie występują pojedynczo, tylko w mieszaninach, a część z nich wpływa kancerogennie na organizm człowieka. Zaliczane są do grupy lotnych związków organicznych (LZO). W trakcie smażenia żywność zmienia swoją barwę na złoto-brunatną, a sam produkt zmienia smak – jest to skutek reakcji Maillarda, a powstające produkty wykazują działanie szkodliwe dla człowieka. Smażenie zarówno w głębokim oleju, jak i na patelni natłuszczonej olejem powoduje, że do powietrza i żywności przedostają się rakotwórcze substancje, takie jak akroleina. Piecie i grille są źródłem emisji tlenku węgla, ditlenku węgla czy też ditlenku azotu [Kowalska 2009, Peng i in. 2016]. Burzyńska i in. [2009] w swojej pracy wskazują, że grillowanie produktów peklowanych i wędzonych może prowadzić do powstawania nitrozoamin wykazujących działanie rakotwórcze. W trakcie przygotowywania dań kucharz wykorzystuje surowce i półprodukty zawierające dodatki – konserwanty i barwniki (naturalne i syntetyczne) do żywności, które działają alergizująco. Przykładami takich substancji mogą być charakterystyczny dla kuchni chińskiej glutaminian sodu oraz siarczyny, które znajdują zastosowanie przy konserwowaniu suszonych owoców oraz w winach. Kolejnym istotnym źródłem narażenia na czynniki chemiczne są środki czystości. Przykładowo płyny do zmywarek zawierają wodorotlenek sodu mający szkodliwy wpływ na organizm człowieka, a środki do mycia i dezynfekcji podłóg – wodorotlenek sodu, który ma działanie żrące [Świdzka-Kiełbik i in. 2005, Kowalska 2009].

Praca kucharza należy do grupy prac w środowisku mokrym (ang. *wet work*). Środowisko to obejmuje czynności, podczas których występuje długa lub częsta ekspozycja skóry jednej lub obydwu dłoni pracownika na wodę i środki czystości oraz podczas prac

wymagających stosowania rękawic ochronnych wodoodpornych przez więcej niż 2 godziny w trakcie 8-godzinnej zmiany roboczej. Zawody wymagające częstego mycia i dezynfekcji rąk również należą do prac w środowisku mokrym, gdzie za krytyczną liczbę uznaje się 15–20 razy na dzień. W tej sytuacji woda staje się czynnikiem o działaniu drażniącym, a środki myjące mogą ten efekt potęgować. Przed każdym kontaktem z żywnością personel kuchenny myje ręce wodą z mydłem bądź dezynfekuje je specjalnym środkiem, myje surowce, dezynfekuje powierzchnie płaskie detergentami, w których skład wchodzi substancje chemiczne. Wszystkie te czynności prowadzą do podrażnień skóry dłoni czy też do kontaktowego zapalenia skóry [Kieć-Świerczyńska i in. 2010]. W omawianym środowisku pracy istnieje konieczność częstej dezynfekcji rąk, zmywania naczyń ręcznie bądź w zmywarce przy użyciu drażniących detergentów wysuszających skórę dłoni pracowników gastronomii. Wysuszony naskórek często pęka, co przy kontakcie z substancjami chemicznymi celowo dodawanymi do żywności, takimi jak sól kuchenna, może powodować pieczenie. Środowisko mokre może również doprowadzić do schorzeń skórnych o podłożu zawodowym, m.in. kontaktowego zapalenia skóry. Profilaktyczne w takiej sytuacji może być nawilżanie dłoni specjalnymi kremami ochronnymi [Kurpiewska i Liwkowicz 2014].

W związku z narażeniem kucharza na liczne czynniki chemiczne w środowisku pracy przeprowadzono badania, które miały na celu zidentyfikowanie zanieczyszczeń gazowych w trakcie grillowania mięs.

Material i metody badań

Badania zanieczyszczeń gazowych przeprowadzono w restauracji na terenie miasta Lublin. Pomiary wykonano w dzień powszedni, kiedy ruch jest mniejszy. Zakład ten specjalizuje się w tradycyjnych daniach kuchni wschodniej, w tym w grillowanych daniach mięsnych. Dania serwowane są zarówno na miejscu, jak i realizowane na wynos. Grill (mangał) opalany jest węglem drzewnym, który jest systematycznie dosypywany. Mangał usytuowany jest przy drzwiach wejściowych do restauracji, a nad nim znajduje się wentylacja. Pomiary wykonano w czasie 8-godzinnego, nominalnego wymiaru czasu pracy pracownika odpowiedzialnego za dania z grilla. Pomiary przeprowadzono w czterech seriach pomiarowych. Okres trwania jednej serii wynosił 2 godziny. Pomiary wykonano przy użyciu mierników zanieczyszczeń gazowych MultiRAE, wyposażonych w czujniki tlenku węgla (czad), tlenu, tlenku azotu i ditlenku azotu (ryc. 1) oraz przenośnej stacji pomiarowej służącej do pomiarów amoniaku, siarkowodoru i lotnych związków organicznych (ryc. 2).



Ryc. 1. Miernik zanieczyszczeń gazowych
(fot. G. Kosowska)



Ryc. 2. Stacja pomiarowa (fot. G. Kosowska)

Pomiary prowadzone były w seriach. Badania wykonano w oparciu o Polską Normę, a wyniki poddano szczegółowej analizie i przedstawiono w tabeli 1 oraz na rycinach 3 oraz 4.

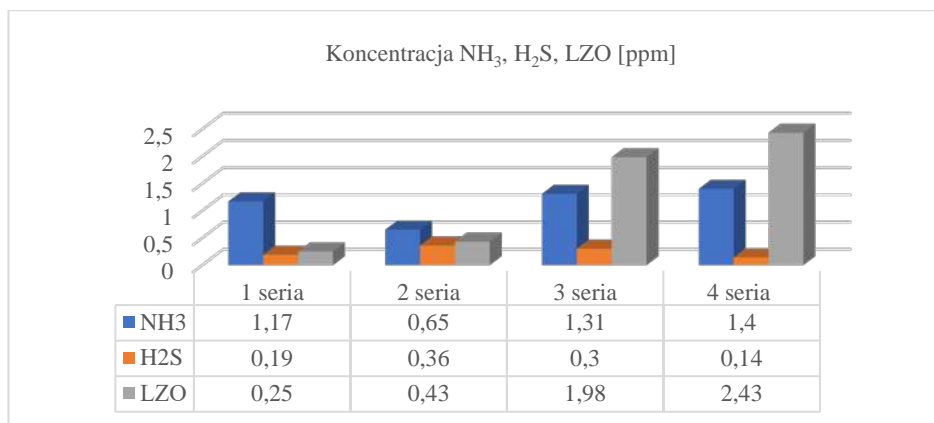
Wyniki i ich omówienie

Spośród surowców wykorzystywanych podczas grillowania najczęściej wykorzystywane jest mięso i produkty mięsne. Ogrzewanie ich w wysokiej temperaturze prowadzi do szeregu zmian fizykochemicznych przejawiających się silną denaturacją białek warstwy powierzchniowej i przebiegiem reakcji Maillarda. Proces ten nadaje pożądane cechy sensoryczne i smakowe serwowanych potraw, jednak w jego trakcie powstaje wiele związków lotnych, takich jak furanony, oksazole, pirazyny, odpowiedzialnych za zapach oraz związki nielotne, jak melanoidyny, zapewniające odpowiednią barwę dania. Przebieg tej reakcji i uwalnianie substancji warunkowane jest m.in. temperaturą procesu, zawartością wody w surowcach, a także czasem ich prowadzenia [Więk i in. 2013].

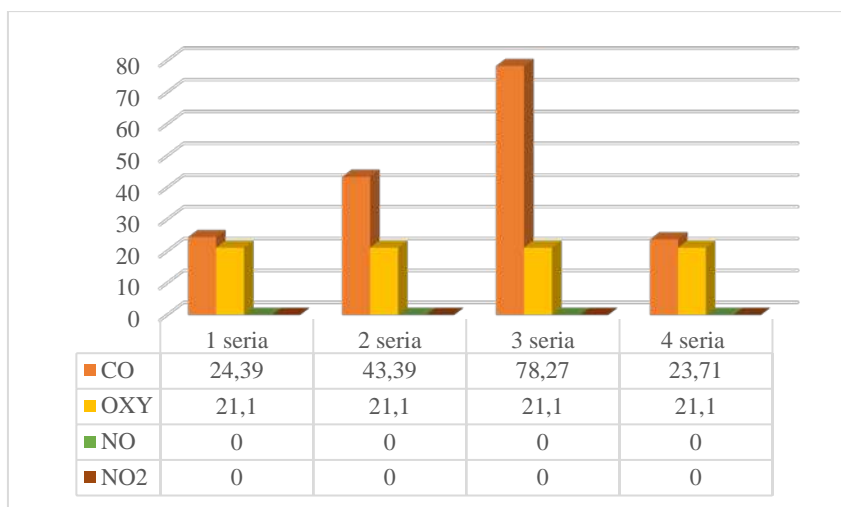
Badania narażenia pracownika na zanieczyszczenia gazowe również w procesie grillowania przeprowadzono w trakcie nominalnej zmiany roboczej. Najwyższe stężenie NH_3 odnotowano w pierwszej serii pomiarowej, H_2S w drugiej, natomiast LZO w czwartej. W trakcie badań koncentracja amoniaku, siarkowodoru oraz lotnych związków organicznych nie stanowiła zagrożenia, wartości nie przekroczyły najwyższych dopuszczalnych stężeń. Wyniki z poszczególnych serii pomiarowych przedstawiono na rycinie 3.

Średnie stężenie amoniaku w tym środowisku wynosi 1,13 ppm, siarkowodoru – 0,25 ppm, natomiast LZO – 1,27 ppm. Żadna z tych wartości nie przekracza wielkości określonych jako najwyższe dopuszczalne stężenia.

W trakcie badań nie stwierdzono obecności tlenków azotu w środowisku pracy, natomiast objętość tlenu utrzymywała się na tym samym poziomie – 21,1%. Niepokojący natomiast jest wynik badań CO, dla których NDS miało wartość 20 ppm.



Ryc. 3. Średnia koncentracja NH₃, H₂S i LZO (lotne związki organiczne)



Ryc. 4. Koncentracja CO, OXY (tlen), NO i NO₂ (ppm, %)

Najwyższa wartość czadu została zarejestrowana w trzeciej serii pomiarowej – 78,27 ppm, natomiast najniższa wyniosła 23,71 ppm. Jakubowski [2006] w swojej pracy zwraca szczególną uwagę na negatywny wpływ CO na organizm człowieka. Toksyczność tej substancji jest skutkiem połączenia tlenu węgla z hemoglobina, co blokuje transport tlenu i powoduje jego niedobór w tkankach. Początek ostrego zatrucia objawia się bólami głowy i szumem w uszach, następnie dochodzą nudności, utrata przytomności, a w skrajnych przypadkach – śpiączka. Długotrwałe narażenie może przyczyniać się do schorzeń

układu sercowo-naczyniowego. Podczas stałego narażenia na CO oraz hałas może dojść do dysfunkcji słuchu. Kim i in. [2015] opisali przypadek ostrego zatrucia tlenkiem węgla mężczyzny zatrudnionego w branży gastronomicznej przy obsłudze grilla opalanego węglem drzewnym. Pracownik zasłabł i odczuwał ból po lewej stronie klatki piersiowej. Po przeprowadzeniu badań okazało się, że stałe narażenie na tlenek węgla spowodowane palącym się węglem doprowadziło do uszkodzenia serca.

Średnie wszystkich wyników pomiarów poszczególnych serii pomiarowych zostały zamieszczone w tabeli 1. Średnia z serii pomiarowych czadu wyniosła 42,56 ppm, co stanowi prawie dwukrotne przekroczenie NDS, natomiast reszta badanych związków była w normie.

Tabela 1. Średnie stężenie związków chemicznych w powietrzu (ppm, %)

Numer serii pomiarowej	Średnia serii pomiarowej zanieczyszczeń						
	NH ₃	H ₂ S	LZO	CO	OXY	NO	NO ₂
NDS	20	5	–*	20	–	2	0,37
1	1,17	0,19	0,25	24,39	21,1	0	0
2	0,65	0,36	0,43	43,87	21,1	0	0
3	1,31	0,20	1,98	78,27	21,1	0	0
4	1,40	0,14	2,43	23,71	21,1	0	0
M	1,13	0,25	1,27	42,56	21,1	0	0
SD	0,29	0,08	0,95	22,15	0	0	0

NH₃ – amoniak, H₂S – siarkowodór, LZO – lotne związki organiczne, CO – tlenek węgla, OXY – tlen, NO – tlenek azotu, NO₂ – dwutlenek azotu, NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie, M – średnia z serii pomiarowych, SD – odchylenie standardowe

* Brak jednoznacznych norm określających najwyższe dopuszczalne stężenie dla LZO.

Vinnikov i in. [2021] w swojej pracy zwracają uwagę na obecnie bagatelizowany problem, jakim jest praca przy obsłudze grilla i związane z tym zagrożenia chemiczne, m.in. LZO. Przeprowadzili oni badania emisji pyłu zawieszonego (PM_{2.5}) podczas pracy przy grillu opalonym węglem drzewnym w trakcie 8-godzinnej zmiany roboczej. Wyniki przekroczyły dopuszczalne stężenia. Autorzy wskazują również potencjalne problemy zdrowotne związane z narażeniem na ten pył, są to m.in. przewlekła obturacyjna choroba płuc, choroby serca i schorzenia układu naczyniowego. Kowalska i Zapór [2011] podają, że w zakładach gastronomicznych podczas czynności związanych z gotowaniem czy smażeniem dochodzi do narażenia pracownika na substancje zarówno celowo dodawane do potraw, jak i używane zwyczajowo w kuchni – organiczne i nieorganiczne – które mogą prowadzić również do reakcji alergicznych. W trakcie obróbki termicznej produktów może dochodzić do powstawania szkodliwych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, formaldehydu, akroleiny, acetaldehydu. Wykorzystywanie w procesie takiej obróbki różnorodnych surowych produktów powoduje wzrost stężeń mieszanin substancji chemicznych emitowanych do powietrza. Skład uwalnianych zanieczyszczeń, dymów ulega modyfikacji w zależności od profilu pracy gastronomii i stosowanych urządzeń. Badaniami potwierdzono śladowe ilości substancji rakotwórczych, takich jak benzen i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. W badanych obiektach wielkość

narażenia na te zanieczyszczenia nie przekroczyła 0,1 NDS. Najwyższa krotność NDS dla benzenu wyniosła 0,01. Autorzy potwierdzili, że obecność związków z grupy aldehydów i ketonów (akroleina, formaldehyd, acetaldehyd) oraz WWA jest związana z typowymi procesami termicznej obróbki stosowanymi w gastronomii – smażeniem czy grillowaniem. Wskazują, że niedopuszczalne jest skapywanie wytapianego tłuszczu na rozgrzane węgle. Jako profilaktykę autorzy zalecają stosowanie odpowiednich systemów wentylacyjnych, dostosowanych do specyfiki pracy i konieczności utrzymania odpowiedniej jakości powietrza [Kowalska i Zapór 2011].

Podsumowanie

Kucharz jest narażony na działanie substancji chemicznych na wszystkich etapach przygotowywania i przetwarzania produktów – w szczególności w trakcie prac porządkowych oraz przy obróbce cieplnej żywności. W oparciu o przeprowadzone badania można stwierdzić, że osoba zatrudniona na tym stanowisku jest wystawiona na stałe oddziaływanie toksycznych substancji uwalnianych w trakcie grillowania mięs na węglu drzewnym. W celu poprawy warunków pracy zaleca się przegląd instalacji wentylacyjnej i jej usprawnienie ze względu na podwyższone stężenie tlenu węgla w miejscu pracy, stanowiące zagrożenie dla zdrowia pracownika.

Bibliografia

- Adamska D., 2007. Organizowanie działalności gastronomicznej 341[07].Z1.01. Poradnik dla ucznia. ITE-PIB, Radom.
- Burzyńska O., Skibniewska K. A., Dowgiałło A., Kubiak M. S., 2009. Urządzenia i techniki grillowania. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 1, 107–110.
- Dobre Kadry, (b.d.). Kucharz – opis zawodu. <https://dobrekadry.pl/wp-content/uploads/2019/04/Kucharz-opis-zawodu-PL.pdf> [dostęp: 26.03.2022].
- Dz.U. 1997 nr 129 poz. 844, z późn. zm. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.
- Dz.U. 2005 nr 11 poz. 86, z późn. zm. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych.
- Dz.U. 2018 poz. 1286, z późn. zm. Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.
- Jakubowski M., 2006. Tlenek węgla. *PIMOŚP*, 4(50), 69–92.
- Kieć-Świerczyńska M., Chomiczewska D., Kręcisz B., 2010. Wet work – praca w środowisku mokrym. *Med. Pr.*, 61(1), 65–77.
- Kim H. J., Chung Y. K., Kwak K. M., Ahn S. J., Kim Y. H., Ju Y. S., Kwon Y. J., Kim, E. A., 2015. Carbon monoxide poisoning-induced cardiomyopathy from charcoal at a barbecue restaurant: a case report. *Ann. Occup. Environ. Med.* 27, 13. <https://doi.org/10.1186/s40557-015-0063-2>
- Kowalska J., Zapór L., 2011. Ocena narażenia na czynniki biologiczne i chemiczne w małych zakładach gastronomicznych. *Bezp. Pr. Nauk Prakt.*, 5(496), 12–15.
- Kowalska J., 2009. Szkodliwe czynniki chemiczne w placówkach gastronomicznych. *Bezp. Pr. Nauk Prakt.*, 5(452), 14–16.
- Kurpiewska J., Liwkowicz J., 2014. Środki ochrony skóry zabezpieczające przed wodą oraz wodnymi roztworami detergentów, kwasów i zasad. *PIMOŚP*, 1(79), 151–160.

- Nowak P., 2007. Technik bezpieczeństwa i higieny pracy. Identyfikowanie czynników środowiska pracy 315[01].Z1.01. Poradnik dla ucznia. ITE-PIB, Radom.
- Peng C-Y., Lan C-H., Lin P-C., Kuo Y-C., 2016. Effects of cooking method, cooking oil, and food type on aldehyde emissions in cooking oil fumes. *J. Hazard. Mater.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.10.045>
- Świderska-Kiełbik S., Krakowiak A., Wittczak T., Pałczyński C., 2005. Alergia zawodowa – istotne zagrożenie zdrowia pracowników przemysłu spożywczego. *Med. Pr.*, 56(6), 475–483.
- Vinnikov D., Romanova Z., Zhumabayeva G., 2021. Air pollution in the workplace: making shish kebab is an overlooked occupational hazard. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.*, 31(4), 777–783. <https://doi.org/10.1038/s41370-020-00283-4>
- Więk A., Tkacz K., Żywica R., 2013. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w mięsnych produktach grillowanych w zależności od zawartości tłuszczu w surowcu. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2(87), 39–50.

Spoleczne aspekty budowy biogazowni rolniczych

Social aspects of building agricultural biogas plants

Obecnie coraz częściej na forum międzynarodowym pojawiają się dyskusje w odniesieniu do przyszłościowych perspektyw pozyskiwania energii, z uwzględnieniem towarzyszących temu skutków ubocznych. Bezpieczeństwo energetyczne staje się kluczowe szczególnie dla państw, które silnie się rozwijają. Kraje te dążą do uzyskania autonomii w zakresie produkcji energii elektrycznej. Próbuje to uzyskać, wytwarzając energię elektryczną na różne sposoby: od elektrowni atomowych przez wydobywanie paliw kopalnych, takich jak węgiel i ropa, aż po wykorzystanie biometanu produkowanego w biogazowni. Do pewnego momentu zaopatrzenie w energię, m.in. poprzez wzmoczone wydobywanie paliw kopalnych, było o wiele ważniejsze niż problemy środowiskowe. Taki stan wciąż się utrzymuje, lecz zauważalna jest ogromna poprawa nastawienia zarówno władz, jak i reszty społeczeństwa. Ludzie zaczęli zauważać potrzebę ograniczenia wykorzystania konwencjonalnych źródeł energii na rzecz odnawialnych (OZE). Dużym problemem jest ogromna emisja zanieczyszczeń, które przedostają się do atmosfery ziemskiej i powodują zjawisko ocieplania się klimatu. Jedną z szans dla zredukowania tego destrukcyjnego dla naszej planety problemu jest zastąpienie paliw kopalnych energią z biogazowni.

Celem badań była ocena wiedzy społeczeństwa w zakresie ekologii i energetyki, znajomości metod pozyskiwania biogazu oraz określenie nastawienia lokalnej społeczności do budowy biogazowni rolniczej.

Metody analiz

Sformułowany cel opracowano za pomocą badań ankietowych przeprowadzonych w gminach Urszulini i Sosnowica. Ankieta składała się z pytań dotyczących zanieczyszczenia powietrza, znajomości odnawialnych źródeł energii oraz pytań z zakresu biogazu i biogazowni. Badania przeprowadzono wśród 166 respondentów.

W pierwszej części ankiety zawarte były pytania pozwalające scharakteryzować grupę ankietowanych na podstawie ich płci, wieku, wykształcenia, dochodów oraz informacji o tym, czy są to właściciele gospodarstw rolnych, gospodarstw domowych (budynków indywidualny), mikroprzedsiębiorcy, mieszkańcy budynków zbiorowego zamieszkania czy właściciele domków letniskowych.

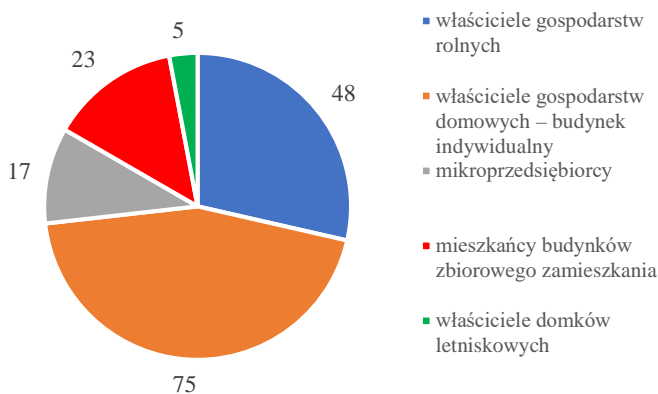
¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Studenckie Koło Naukowe Ekoenergetyków, kasiakozlowska010@gmail.com

W kolejnym etapie w ramach badania ankietowego przeprowadzono ocenę wiedzy respondentów w zakresie stanu środowiska związanego z zanieczyszczeniem powodowanym przez niską emisję, stosunek do spalania odpadów w przydomowych kotłowniach, a także rozpoznanie wiedzy na temat odnawialnych źródeł, w tym produkcji biogazu. Ponadto ankietowani zostali zapytani o akceptację budowy biogazowni w zależności od tego, czy miałyby ona powstać w miejscowości respondentów, ich gminie lub w innej gminie. Bardzo istotne okazało się pytanie dotyczące zainteresowania podnoszeniem wiedzy w zakresie tematyki biogazowni.

Wyniki i omówienie badania ankietowego

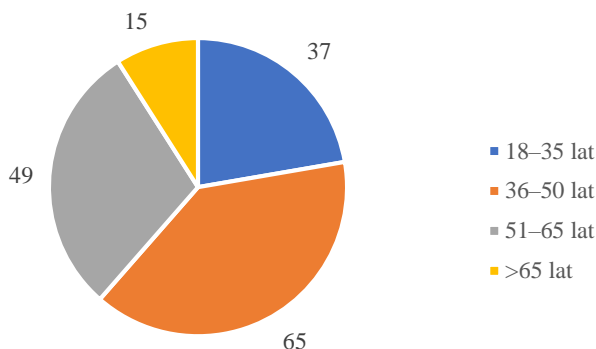
Biogazownie rolnicze w znacznym stopniu przyczyniają się do redukcji emisji zanieczyszczeń do środowiska, jednak wciąż można znaleźć zarówno zwolenników koncepcji ich budowy, jak i przeciwników. Duża część społeczeństwa wciąż nie ma wystarczającej wiedzy na temat funkcjonowania biogazowni, a niektórzy nigdy nie słyszeli o tego rodzaju instalacjach. Badania udowadniają, że Polska jest krajem o dużych zasobach biomasy na cele energetyczne, przydatnej do produkcji biogazu. Niestety do tej pory w rejestrze Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa znajduje się zaledwie 121 biogazowni rolniczych. Nie jest to zadowalający wynik, biorąc pod uwagę zachodnioeuropejskie kraje, które są liderami w produkcji biogazu, takie jak Niemcy, Włochy i Wielka Brytania. Branża biogazowa w Polsce rozwija się zdecydowanie zbyt wolno [Kamińska 2019]. Jednym z warunków takiego stanu jest spory opór społeczny.

Badania ankietowe przeprowadzone w południowo-wschodniej Polsce, w gminach Urszulin i Sosnowica pozwoliły w dużym stopniu sprawdzić wiedzę społeczeństwa z zakresu tej tematyki oraz ustalić powody nieprzychylności do budowy biogazowni w najbliższym otoczeniu respondentów. W badaniu wzięło udział 166 osób. Mężczyźni stanowili 51,2% ankietowanych, zaś kobiety – 48,8%. Największa grupa respondentów (ryc. 1) składała się z właścicieli gospodarstw domowych w budynkach indywidualnych (45,2% ankiet), następnie byli to właściciele gospodarstw rolnych (28,9%), mieszkańcy budynków zbiorowego zamieszkania (13,8%), mikroprzedsiębiorcy (10,2%) i właściciele domków letniskowych (3,0%).

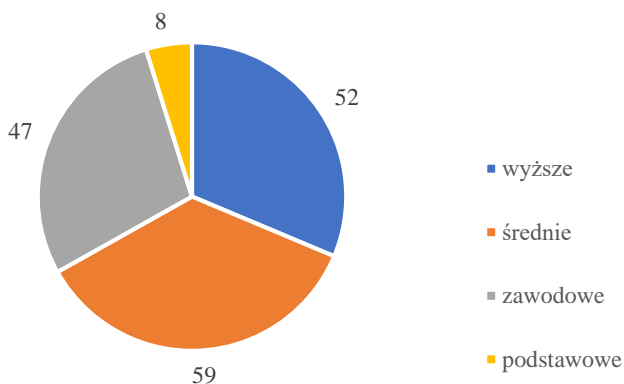


Ryc. 1. Liczba ankiet w poszczególnych grupach respondentów

Badaniom poddano wyłącznie pełnoletnich mieszkańców. Największa liczba ankietowanych należała do grupy wiekowej 36–50 lat (39,2%), następnie: 51–65 lat (29,5%), osoby z grupy najmłodszej stanowiły 22,3% respondentów, zaś najstarsze – 3,0% (ryc. 2).



Ryc. 2. Liczba respondentów w poszczególnych grupach wiekowych



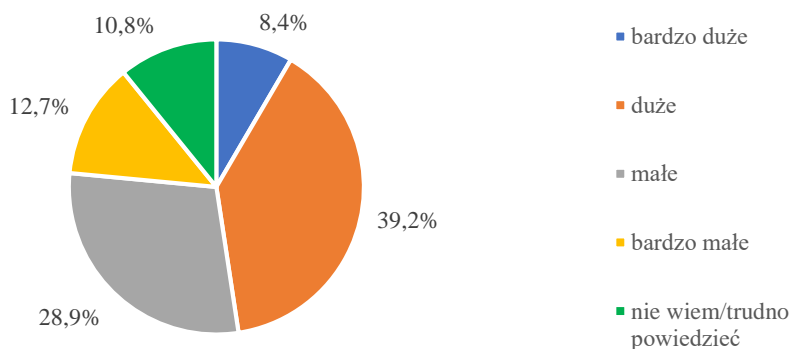
Ryc. 3. Wykształcenie respondentów

Ankietowani charakteryzowali się zróżnicowanym wykształceniem: 35,5% miało wykształcenie średnie, 31,3% – wyższe, 28,3% – zawodowe i 4,8% – podstawowe (ryc. 3).

Formularz ankiety zawierał też pytanie o dochody respondentów, jednak ankietowani niechętnie na nie odpowiadali. Spośród 74 udzielonych odpowiedzi część wskazywała na dochody średnie (45,3% odpowiedzi) i niskie (42,7%), zaś dochody wysokie i brak dochodów wskazało odpowiednio 5,3% i 6,7% respondentów.

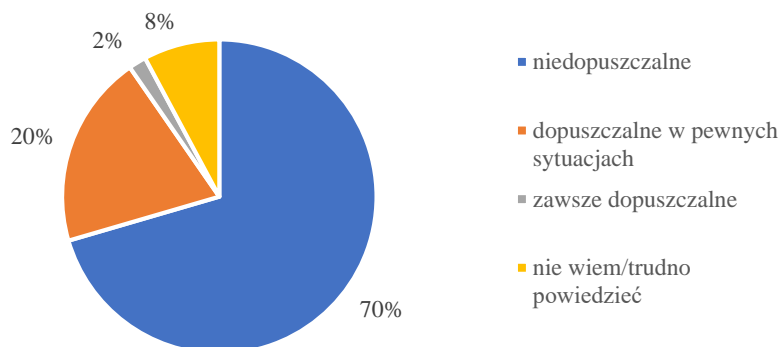
Należy pamiętać, że kwestionariusz ankiety jest narzędziem badawczym, które pozwala wyciągnąć wnioski na podstawie deklaracji respondentów, a nie bezpośredniej obserwacji ich zachowań. Istnieje obszar niepewności dotyczący tego, czy udzielone odpowiedzi znajdują odzwierciedlenie w rzeczywistych działaniach. Nie zakłada się, że badani świadomie podawali nieprawdziwe odpowiedzi, a jedynie podaje w wątpliwość, czy odpowiedzi nie wynikają z próby dostosowania się do ogólnie przyjętych zasad.

Zanieczyszczenie powietrza z przydomowych kotłowni znaczna część ankietowanych (39,2%) oceniła jako duże, 28,9% uznało je za małe, 12,3% za bardzo małe, 8,4% za bardzo duże, zaś 10,8% nie miała na ten temat określonego zdania (ryc. 4). Należy zaznaczyć, że niska emisja jest wskazywana w wielu dokumentach strategicznych badanych gmin jako istotny problem, szczególnie w kontekście turystycznej i rekreacyjnej funkcji tych terenów oraz dbałości o jakość środowiska objętego w dużym stopniu ochroną [UG Sosnowica 2015, UG Urszulin 2015].



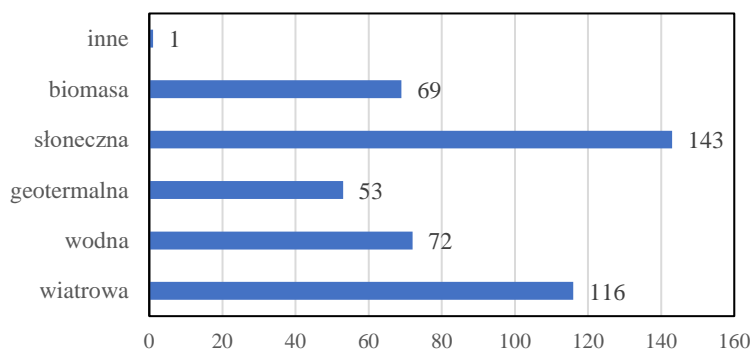
Ryc. 4. Ocena stopnia zanieczyszczenia

Większość ankietowanych zdawała sobie sprawę z tego, że spalanie odpadów w kotłowniach przydomowych jest niedopuszczalne, jednak 20% osób uważa ten sposób postępowania z odpadami za dopuszczalny w pewnych sytuacjach. Troje ankietowanych stwierdziło, że takie zachowanie jest zawsze dopuszczalne, a 7,8% badanych nie miała wyrobionej opinii na ten temat (ryc. 5). Może to wskazywać na konieczność podnoszenia świadomości lokalnej społeczności, gdyż odsetek osób akceptujących spalanie odpadów w sposób niezgodny z prawem i szkodliwy świadczy o pewnym przyzwoleniu społecznym na takie postępowanie.



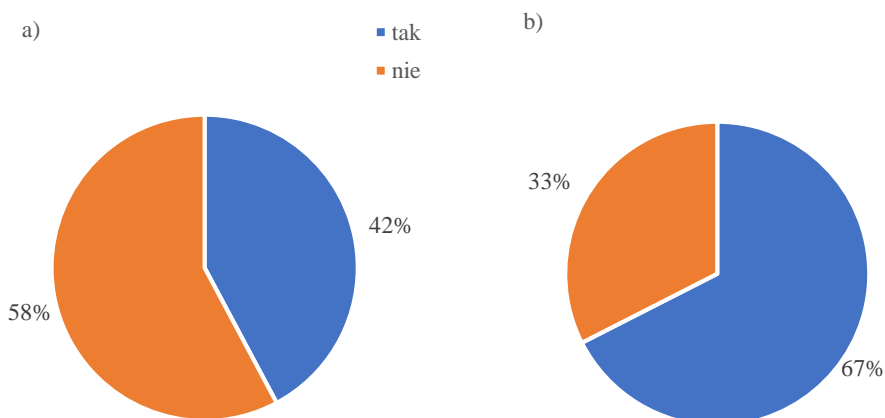
Ryc. 5. Dopuszczalność spalania odpadów w kotłach przydomowych

W pytaniu o znajomość OZE większość respondentów deklarowała, że zna kilka odnawialnych źródeł energii, zaś osiem osób nie zaznaczyło żadnej odpowiedzi. Najwięcej (86,1%) respondentów wskazało znajomość energetyki słonecznej, 69,9% – energetykę wiatrową, 43,3% – hydroenergetykę, 41,6% – energię biomasy, a 31,9% – energię geotermalną (ryc. 6). Relatywnie mała okazała się znajomość biomasy jako źródła energii, które jest wskazywane przez wielu ekspertów jako jedno z ważniejszych dla Polski. Bez wątpienia energia biomasy nie jest tak popularnym tematem jak energetyka słoneczna, która w ostatnich latach szybko rozwija się w Polsce. Jednakże jest to bardzo istotne źródło energii, które w przyszłości może być szansą także dla takich gmin, jak Urszulin i Sosnowica.



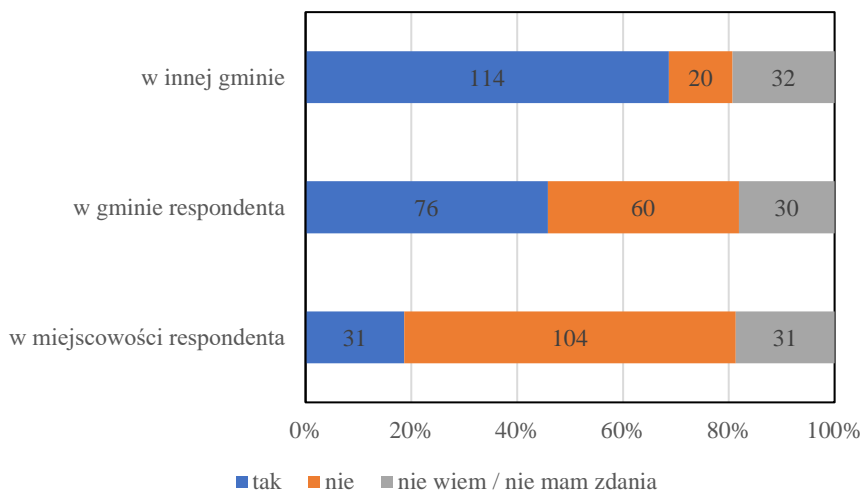
Ryc. 6. Liczba osób deklarujących znajomość poszczególnych odnawialnych źródeł energii

W pytaniu o znajomość zasad produkcji biogazu większość respondentów zadeklarowała brak wiedzy w tym zakresie (ryc. 7a), jednak 67,5% wykazuje zainteresowanie tematyką biogazowni (ryc. 7b). Jest to znak dla odpowiednich organów gminnych i państwowych o potrzebie pogłębiania tej wiedzy.



Ryc. 7. Znajomość zasad produkcji biogazu (a) i zainteresowanie podnoszeniem wiedzy na temat biogazowni (b)

Istotne, ściśle związane z koncepcją budowy biogazowni było pytanie o akceptację jej budowy w bliższym bądź dalszym otoczeniu respondenta. Zdecydowany sprzeciw wywołała budowa biogazowni w miejscu zamieszkania ankietowanych. Wraz z oddalaniem miejsca lokalizacji od miejsca zamieszkania akceptacja ta rosła (ryc. 8). Negatywne odpowiedzi uzasadniane były obawami o uciążliwość zapachową, szkodliwość dla ludzi i środowiska, pogorszenie warunków życia, hałas, ruch pojazdów, zanieczyszczenie wód, a także koniecznością ochrony przyrody i kosztownością inwestycji.



Ryc. 8. Akceptacja budowy biogazowni w zależności od jej usytuowania

Postawy prezentowane przez większość ankietowanych są typowe dla osób, które wyrażają w ten sposób sprzeciw wobec określonych inwestycji w swoim najbliższym otoczeniu, choć nie zaprzeczają, że są one potrzebne w ogóle. Takie osoby chcą, aby tego typu przedsięwzięcia były realizowane z dala od ich domostw. Dotyczy to różnych inwestycji energetycznych, infrastrukturalnych, a nawet komunalnych. Postawa ta ma nawet własne określenie: NIMBY (akronim od angielskich słów *not in my back yard* – nie w moim ogródku) [Wawer 2014].

Podsumowanie

Wiedza mieszkańców badanych gmin w zakresie ekologii i energetyki jest bardzo powierzchowna. Informacje dotyczące tematów związanych z wykorzystaniem energii pochodzą zazwyczaj z codziennego doświadczenia respondentów, a postrzeganie bardziej złożonych kwestii jest stereotypowe i oparte na wiedzy potocznej. Widoczne jest zainteresowanie stanem środowiska, lecz nie wiadomo, czy ma to odzwierciedlenie w codziennym życiu. Ankietowani częściej wykazują postawy proekologiczne, gdy są pytani o kwestie ogólne, rzadziej, jeśli pytania odnoszą się do problemów szczegółowych. Niepokojące okazało się przyzwolenie sporej części ankietowanych na działania negatywnie

wpływające na środowisko naturalne. Wskazuje to na konieczność podnoszenia działań w ramach edukacji ekologicznej. Każdy powinien zdawać sobie sprawę z konsekwencji własnych zachowań oraz rozumieć, że starania w kierunku redukcji niskiej emisji należy zacząć na własnym podwórku.

Wyniki przeprowadzonych ankiet wskazują także na brak wystarczającej znajomości zasad funkcjonowania biogazowni i produkcji biogazu, jednakże widoczne jest spore zainteresowanie podnoszeniem wiedzy na ten temat. Mogłoby to w znacznym stopniu zmniejszyć niechęć mieszkańców do budowania biogazowni w ich najbliższym otoczeniu (ryc. 8).

Bibliografia

- Kamińska J., 2019. Biogaz na świecie – raport branżowy 2019, *Biomasa*, 8(59), 12–17.
- Urząd Gminy (UG) Sosnowica, 2015. *Strategia Rozwoju Gminy Sosnowica na lata 2015–2020*, Sosnowica, 56–118.
- Urząd Gminy (UG) Urszulin, 2015. *Strategia zrównoważonego rozwoju gminy Urszulin na lata 2015–2020 z perspektywą do 2023*, Urszulin, 14–58.
- Wawer M., 2014, *Komunikacja społeczna jako element wspierający proces inwestycji w biogazownie*. W: *Biogazownia rolnicza – podręcznik samorządowca*, FDPA, Warszawa, 70.

Zanieczyszczenia chemiczne w powietrzu ferm bydła mlecznego

Chemical pollutants in the air of dairy cattle farms

Polska należy do krajów w Unii Europejskiej, w których produkcja mleka jest największa [Litwińczuk i Grodzki 2014]. Według Głównego Urzędu Statystycznego w roku 2020 w Polsce produkcja mleka krowiego – od krów mlecznych i pozostałych – wynosiła 14 399,9 mln litrów, tj. o 2,2%. W roku 2020, w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych, produkcja ta wynosiła 981 litrów [GUS 2021]. Na świecie dostępne są również inne rodzaje mleka, np. bawole, kozie, owcze, mimo to mleko krowie stanowi 83,4–84,4% ogólnej produkcji tego surowca. Natomiast w dziale sprzedaży ogólnej produkcji zwierzęcej udział mleka krowiego wynosi 77,9%. Polska jest w Unii Europejskiej znaczącym producentem mleka krowiego, mającym 8,3% udziału w globalnej produkcji [Olszewska 2015].

Nowoczesna produkcja mleka wiąże się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi. Oznacza to tyle, że przez wiele lat zmiana kierunku produkcji jest bardzo trudna, zależna od sytuacji finansowej, a często nawet niemożliwa. Ukierunkowując się na daną produkcję zwierzęcą, należy zatem dokonać analizy skali oraz technologii produkcji. Praca z bydłem mlecznym należy do najbardziej czasochłonnych oraz uciążliwych. Dotyczy to szczególnie małych gospodarstw (14–40 krów), które nie są dobrze zmechanizowane. Pracochłonność wynika z licznych codziennych obowiązków w pracy na fermie. Opłacalność hodowli zależy między innymi od wielkości stada krów, restrukturyzacji gospodarstwa oraz jakości mleka [Żuk i Orzechowski 2009]. Wydajność krów mlecznych zależy od wielu czynników. Wpływ na produktywność ma zarówno pasza podawana zwierzętom, mikroklimat w pomieszczeniach inwentarskich, jak i sposób chowu lub hodowli. Mówi się o dwóch sposobach utrzymywania krów – wolnostanowiskowym i uwięziowym. Pierwszy z nich pozwala krowom swobodnie poruszać się wewnątrz budynku inwentarskiego, natomiast drugi ogranicza swobodę ruchu krów w budynku [Solan i Józwiak 2009].

W pracy ze zwierzętami hodowca jest narażony na wiele czynników szkodliwych, które mogą negatywnie wpływać na jego zdrowie. Głównymi źródłami zanieczyszczeń powietrza w fermach są same zwierzęta, jak też gromadzone odchody w postaci obornika lub gnojowicy. Wśród uwalnianych zanieczyszczeń w fermie bydła wymienia się: amoniak (NH_3), metan (CH_4), podtlenek azotu (N_2O), siarkowodór (H_2S), odory oraz zanieczyszczenia mikrobiologiczne. Stężenie uwalnianych zanieczyszczeń gazowych, na które narażony jest rolnik, zależy głównie od: systemu utrzymania zwierząt, rodzaju podawanej

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Sekcja Higieny Pracy, karolinakuziola.21@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska

paszy, liczby utrzymywanych zwierząt i ich rozmieszczenia w fermie. W okresie letnim do dotychczas występujących czynników chemicznych należy dołączyć te, które wynikają ze stosowania środków ochrony roślin. W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów zanieczyszczeń powietrza w badanych fermach oraz wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń badanych substancji. Przeprowadzone badania zostały podzielone na czynności, z których wyróżniono dwie główne: podawanie paszy oraz wymiana ściółki. Pozostałe wyniki stężeń substancji zebrano jako inne czynności.

Tabela 1. Porównanie stężeń zanieczyszczeń powietrza w badanych fermach z wartościami najwyższych dopuszczalnych stężeń

Miejsce	Substancja chemiczna	Podawanie paszy	Wymiana ściółki	Inne czynności	NDS
Gospodarstwo A	O ₂ (%)	20,9	20,9	20,9	–
	NO (mg/m ₃)	0	0	0	2,5
	NO ₂ (mg/m ₃)	0,77	0,96	0,57	0,7
	CO (mg/m ₃)	0	0	0	23
	SO ₂ (mg/m ₃)	0	0	0	1,3
	NH ₃ (mg/m ₃)	0,71	1,42	0	14
	LZO (ppm)	1,90	1,80	1,90	–
	H ₂ S (mg/m ₃)	0	0	0	7
Gospodarstwo B	CO ₂ (mg/m ₃)	731,82	1280,68	548,86	9000
	O ₂ (%)	20,9	20,9	20,9	–
	NO (mg/m ₃)	0	0	0	2,5
	NO ₂ (mg/m ₃)	1,15	2,10	0,38	0,7
	CO (mg/m ₃)	0	0	0	23
	SO ₂ (mg/m ₃)	0	0	0	1,3
	NH ₃ (mg/m ₃)	0,71	3,54	0,71	14
	LZO (ppm)	2,1	1,9	2,7	–
Gospodarstwo B	H ₂ S (mg/m ₃)	0	0	0	7
	CO ₂ (mg/m ₃)	914,77	1280,68	1280,68	9000

NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie, LZO – lotne zanieczyszczenia organiczne

Zanieczyszczenia chemiczne powietrza

Zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego nazywamy każdą substancję w postaci ciała stałego (pyły), cieczy (aerozole) lub gazu, które znajdują się w otoczeniu w ilości większej niż zawartość naturalna [Borzęcki i in. 2010]. Zanieczyszczenia zawarte w powietrzu mogą negatywnie oddziaływać na wszystkie składowe przyrody, tj. atmosferę, glebę i wody powierzchniowe [Juda-Rezler 2006]. Jednym z głównych źródeł emisji gazowych zanieczyszczeń (tlenki azotu, ditlenek węgla, tlenek węgla, siarkowodór, ditlenek siarki, amoniaku, LZO) jest rolnictwo, zwłaszcza fermy zwierząt hodowlanych [Tymczyzna i Maińska 1999]. Szacuje się, że rolnictwo jest źródłem emisji 14,5% gazów cieplarnianych, w czym większość udziału ma hodowla bydła.

Jakość powietrza w środowisku pracy rolników, a także hodowców bydła, znacząco wpływa na stan ich zdrowia. Powiązane jest to z czynnościami wykonywanymi w ich pracy. Zawieszone w pyłe organiczne zanieczyszczenia gazowe oraz mikroorganizmy wprowadzane przez górne drogi oddechowe (jama nosowa, krtań, tchawica, oskrzela)

mogą uszkadzać mechanizmy obronne ludzkiego organizmu, wywołując różnego rodzaju schorzenia i ułatwiając wnikanie do dalszych odcinków dróg oddechowych [Makles i Domański 2008]. Ustalenie wpływu ww. grup zanieczyszczeń na organizm jest złożonym procesem. Anigacz oraz Zakowicz [2003] scharakteryzowali cztery kategorie jakości powietrza w zależności od wpływu na ludzki organizm:

– kat. I – brak szkodliwości czy uciążliwości dla człowieka, gdyż w tym powietrzu nie występują znaczące stężenia zanieczyszczeń,

– kat. II – stężenie danej substancji powoduje w określonym czasie podrażnienie organów sensorycznych, co przekłada się również na ograniczenie widoczności; ponadto wywiera negatywny wpływ na środowisko oraz jego ekosystem,

– kat. III – stężenia zanieczyszczeń występujących w tym powietrzu mogą doprowadzić do schorzeń, a nawet do zaburzenia podstawowych funkcji życiowych organizmu,

– kat. IV (najbardziej niebezpieczna) – przebywanie w wysoce zanieczyszczonym powietrzu może powodować chorobę lub skutkować śmiercią narażonego pracownika.

Zanieczyszczenia gazowe dostają się do organizmu człowieka głównie podczas oddychania. W przypadku substancji dobrze rozpuszczalnych w wodzie, jak np. tlenki siarki, może pojawić się destrukcyjne działanie na górne drogi oddechowe oraz większe oskrzela. Na szkodliwość substancji chemicznych w stanie gazowym znaczący wpływ ma wilgotność powietrza. Przy jej wysokim poziomie tlenki siarki wchodzą w reakcję z wodą, co skutkuje powstaniem aerozolu kwasu siarkowego(VI). Przybierając taką formę, związek ten silniej wpływa na ludzki organizm [Jędrak i in. 2017]. Wdychanie zanieczyszczonego powietrza wywołuje szereg negatywnych skutków w stanie zdrowia pracowników. Objawiają się one jako podrażnienia, wysypki na skórze, częste infekcje górnych dróg oddechowych, a nawet choroby nowotworowe [Gładysz i in. 2010]. Praca w narażeniu na zanieczyszczenia chemiczne zawieszone w powietrzu pomieszczeń pracy należy łączyć z parametrami mikroklimatycznymi wewnątrz budynku. Narażenie pracownika na nieodpowiednią jakość powietrza może przejawiać się pojawieniem się objawów astmy oraz przewlekłej obturacyjnej choroby płuc [Jędrak i in. 2017].

Warto zwrócić uwagę na konsekwencje zdrowotne, jakie niesie ze sobą ekspozycja na konkretne zanieczyszczenie gazowe. Siarkowódór to gaz cięższy od powietrza i jest szczególnie uciążliwy dla hodowców zwierząt ze względu na intensywny, nieprzyjemny zapach zgniłych jaj. Gaz ten jest wyczuwalny przy niskich stężeniach; przy stężeniu 6 mg/m^3 wywiera szkodliwy wpływ na człowieka, a powyżej 300 mg/m^3 prowadzi do porażenia nerwu węchowego [Kupiec 2020]. Naturalnie występuje on w gazach: wycieków wulkanicznych, pochodzenia bagiennego, złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, źródeł siarkowych [Uliasz-Misiak 2015]. W rolnictwie głównym źródłem siarkowodoru są odchody zwierząt. Emisja tego gazu jest obecna w budynkach inwentarskich, w zbiornikach magazynujących odchody oraz podczas nawożenia pól [Smurzyńska i in. 2016]. Ryzyko zatrucia siarkowodorem jest największe przy pracach związanych z opróżnianiem szamba, zbiornika gnojowicy czy wchodzeniem do niewywietrzonej przestrzeni inwentarskiej. Wraz ze wzrostem stężenia tego gazu w powietrzu następuje nasilenie jego trującego i toksycznego działania. Uszkodzenie wzroku może nastąpić przy stężeniu wynoszącym 100 mg/m^3 , a ekspozycja na stężenie powyżej 1 g/m^3 kończy się śmiercią. Siarkowódór swoje toksyczne działanie wywiera głównie na komórki nerwowe. Zatrucie objawia się w organizmie poprzez drapanie w gardle, kaszel, podrażnienie spojówek, wymioty oraz zapalenie oskrzeli. Długotrwała ekspozycja uwidacznia się poprzez bóle i zawroty głowy, łatwe męczenie się i nudności, a zlekceważenie objawów i dalsze przebywanie w zanieczyszczonym powietrzu prowadzi do zapalenia i obrzęku płuc [Kupiec

2020]. Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) siarkowodoru w miejscu pracy określono na poziomie 7 mg/m^3 [Dz.U. 2018 poz. 1286 ze zm.].

Kolejnymi istotnymi zanieczyszczeniami gazowymi występującymi w środowisku pracy farmera są związki węgla, np. ditlenek węgla. Zbyt wysokie stężenie tego związku w powietrzu skutkuje osłabieniem organizmu, dusznościami, zawrotami głowy, przyspieszeniem akcji serca. Ditlenek węgla wpływa również na zmniejszenie sprawności fizycznej i psychicznej, co stanowi dodatkowe zagrożenie przy pracy ze zwierzętami [Gładka i Zatoński 2016]. Tlenek węgla jest bezwonny, bezbarwny gazem, a jego główne źródła w atmosferze to przede wszystkim procesy utleniania metanu, spalanie paliw kopalnych oraz emisja spalin silników samochodowych. Gaz ten w połączeniu z NO_x może wytwarzać ozon, którego nadmierna ilość w powietrzu ma szkodliwy wpływ na rośliny. Dla organizmu człowieka jest on silnie trującą substancją [Juda-Rezler 2006]. Gaz, łącząc się z hemoglobina, powoduje szybkie niedotlenienie najważniejszych narządów człowieka [Gładka i Zatoński 2016]. Oprócz związków występujących w połączeniu z węglem w powietrzu inwentarskim należy również wymienić związki z azotem. Wykazują one większą szkodliwość niż tlenki węgla i ditlenki siarki [Kupiec 2020]. Naturalnymi źródłami tlenków azotu w atmosferze są wybuchy wulkanów, wyładowania atmosferyczne, a także procesy glebotwórcze [Juda-Rezler 2006]. Tlenki azotu NO_x w połączeniu z lotnymi związkami organicznymi (LZO) tworzą ozon w troposferze [Juda-Rezler 2006]. Ditlenek azotu w stężeniu $94\text{--}7500 \text{ mg/m}^3$ powoduje obrzęk płuc i zgon, natomiast systematyczne przebywanie w zanieczyszczonej atmosferze skutkuje pojawieniem się przewlekłego zapalenia oskrzeli i rozedmy płuc. Ponadto występuje zwiększona podatność na infekcje układu oddechowego [Kupiec 2020]. Według rozporządzenia wartości NDS poszczególnych tlenków w miejscu pracy są następujące: $\text{NO} - 2,5 \text{ mg/m}^3$, $\text{NO}_2 - 0,7 \text{ mg/m}^3$ [Dz.U. 2018 poz. 1286 ze zm.].

W powietrzu inwentarskim znajduje się również amoniak. To bezbarwny gaz o ostrym, gryzącym zapachu. Jest związkiem toksycznym dla roślin, zwierząt i ludzi [Marek i in. 2003]. Amoniak to główny produkt rozpadu białek, amidów, mocznika i kwasu moczowego. Powstaje w wyniku rozkładu odchodów i metabolitów zwierzęcych (kału i moczu), a także rozkładu szczątków organicznych [Sosulski i Łabętowicz 2007]. Najwięcej amoniaku wydzielają się podczas ściółkowego utrzymania stada [Myczko i in. 2005]. Określono, że w ciągu roku z jednego stanowiska krowy uwalnianie jest do środowiska około 40 kg amoniaku [Podkówka i Podkówka 2011]. Innymi źródłami emisji są pastwiska i wybiegi dla zwierząt oraz użytki rolne [Marcinkowski 2010]. Ze względu na swoje właściwości drażniące amoniak stanowi zagrożenie dla zdrowia osób wykonujących czynności w pomieszczeniach hodowlanych. Gaz powoduje podrażnienie i stany zapalne w obrębie błony śluzowej oczu, nosa i dróg oddechowych pracowników, prowadząc do przewlekłych chorób płuc i oskrzeli [Buczyńska i Szadkowska-Stańczyk 2010]. Obok innych uwalnianych zanieczyszczeń z ferm amoniak pełni istotną rolę w procesie zakwaszenia środowiska [Pietrzak 2006, Podkówka i Podkówka 2011, Myszograj i Puchalska 2012]. Amoniak wraz z tlenkami azotu NO_x (NO , NO_2) przyczynia się do zakwaszania i eutrofizacji ekosystemów [Podkówka i Podkówka 2011, Kupiec 2020]. Wykorzystywany jest również jako nawóz mineralny podnoszący wydajność i jakość upraw rolnych. Emisja związków obciążających środowisko łączy się z biologicznym wiązaniem azotu przez rośliny motylkowate [Stalenga i Kawalec 2007]. Najwyższe dopuszczalne stężenie amoniaku w środowisku pracy określone w rozporządzeniu wynosi 14 mg/m^3 [Dz.U. 2018 poz. 1286 ze zm.].

W celu identyfikacji zanieczyszczeń gazowych uwalnianych z fermy bydła mlecznego przeprowadzono badania. Działania te pozwolą hodowcom na odpowiedni dobór środków profilaktycznych.

Material i metody badań

Badania przeprowadzono w 2021 roku w dwóch lubelskich gospodarstwach – A i B, specjalizujących się w produkcji mleka.

Badane obiekty różnią się powierzchnią budynku inwentarskiego oraz liczbą hodowanych zwierząt. W gospodarstwach A i B budynki pod względem typu należą do grupy pawilonowych, stosowany system utrzymywania zwierząt jest stanowiskowy, a wentylacja – naturalna. W gospodarstwie A powierzchnia pomieszczenia hodowlanego wynosi 120 m², hodowanych jest w nim 6 krów, więc na jedną krowę przypada 20 m². W gospodarstwie B powierzchnia pomieszczenia, gdzie są hodowane krowy, wynosi 300 m². W tym gospodarstwie znajduje się 30 krów, więc na jedną krowę przypada 10 m² powierzchni.

Pomiary chemicznych czynników szkodliwych zostały podzielone na czynności, które na co dzień wykonują hodowcy w obydwu obiektach. Badania uwalnianych substancji gazowych w powietrzu budynków inwentarskich przeprowadzono za pomocą aspiratorów RAE SYSTEMS MultiRAE Lite oraz IBRID. Przeprowadzono pomiary koncentracji tlenu azotu (NO), ditlenku azotu (NO₂), tlenku węgla (CO), ditlenku siarki (SO₂), siarkowodoru (H₂S), tlenu (O₂), ditlenku węgla (CO₂), amoniaku (NH₃) i LZO. W fermach funkcjonowała wentylacja naturalna – grawitacyjna. Opracowane wyniki pomiarów zestawiono w tabelach.

Wyniki i ich omówienie

Koncentracja najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) została ściśle określona w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy z dnia 12 czerwca 2018 r. [Dz.U. 2018 poz. 1286 ze zm.]. Niestety nie dla wszystkich substancji chemicznych zostały określone NDS. Wyniki pomiarów substancji chemicznych w środowisku pracy hodowcy krów mlecznych zostały przedstawione w tabeli 2.

Analizując otrzymane wyniki, można stwierdzić, że spośród wszystkich badanych czynników stężenie LZO w małym i dużym gospodarstwie jest największe. W fermie A, gdzie liczba zwierząt jest większa, koncentracja lotnych związków organicznych była mniejsza przy wymianie ściółki (1,9 ppm) lub karmieniu zwierząt (2,1 ppm) niż przy innych czynnościach związanych z funkcjonowaniem urządzeń (2,7 ppm). W fermie B koncentracja LZO podczas karmienia i przed wykonywaniem zaplanowanych czynności była na tym samym poziomie i wynosiła 1,9 ppm. Natomiast przy wymianie ściółki koncentracja LZO była nieznacznie mniejsza (1,8 ppm). Koncentracja tlenu w obydwu gospodarstwach, niezależnie od czynności, była na tym samym poziomie – 20,9% składu powietrza.

W fermie A uzyskano w trakcie pomiarów wyższe stężenia amoniaku, szczególnie podczas wymiany ściółki (5 ppm). W czasie karmienia zwierząt stężenie amoniaku w obu fermach była na tym samym poziomie i wynosiła 1 ppm. W trakcie tzw. innych czynności amoniak utrzymywał się również na poziomie 1 ppm. W fermie B podczas wymiany ściółki amoniak osiągnął najwyższy poziom o wartości 2 ppm. Podczas wykonywania badań zauważono również obecność ditlenku azotu w obu obiektach. W czasie zadawania paszy i wymiany ściółki w fermie B uzyskano niższe stężenie tego gazu (odpowiednio 0,4 ppm i 0,5 ppm) niż w fermie A (odpowiednio 0,6 ppm i 1,1 ppm). Podczas tzw. innych czynności stężenie ditlenku azotu utrzymywało się na poziomie 0,3 ppm w fermie B i 0,2 ppm w fermie A.

Tabela 2. Koncentracja gazów w powietrzu budynków inwentarskich w trakcie pomiarów

Miejsce	Substancja chemiczna	Podawanie paszy	Wymiana ściółki	Inne czynności
Gospodarstwo A	O ₂ (%)	20,9	20,9	20,9
	NO (mg/m ₃)	0	0	0
	NO ₂ (mg/m ₃)	0,77	0,96	0,57
	CO (mg/m ₃)	0	0	0
	SO ₂ (mg/m ₃)	0	0	0
	NH ₃ (mg/m ₃)	0,71	1,42	0
	LZO (ppm)	1,90	1,80	1,90
	H ₂ S (mg/m ₃)	0	0	0
Gospodarstwo B	CO ₂ (mg/m ₃)	731,82	1280,68	548,86
	O ₂ (%)	20,9	20,9	20,9
	NO (mg/m ₃)	0	0	0
	NO ₂ (mg/m ₃)	1,15	2,10	0,38
	CO (mg/m ₃)	0	0	0
	SO ₂ (mg/m ₃)	0	0	0
	NH ₃ (mg/m ₃)	0,71	3,54	0,71
	LZO (ppm)	2,1	1,9	2,7
H ₂ S (mg/m ₃)	0	0	0	
CO ₂ (mg/m ₃)	914,77	1280,68	1280,68	

Koncentracja ditlenku węgla (CO₂) podczas karmienia zwierząt w obu obiektach była zbliżona i wahała się od 0,04% vol. do 0,05% vol. Podczas wymiany ściółki w obu badanych fermach odnotowano wzrost koncentracji tego gazu do 0,07% vol.

Podczas prowadzonych badań nie zidentyfikowano w badanych obiektach kilku zakładanych substancji gazowych, takich jak: tlenek węgla, ditlenku siarki oraz siarkowodor.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami UE każde państwo członkowskie powinno przyjąć i wdrożyć krajowy program ograniczania zanieczyszczenia powietrza. Spełnienie tych wymagań wiąże się z nałożonymi zobowiązaniami redukcji emitowanych zanieczyszczeń, aby przyczynić się do podniesienia jakości powietrza. W związku z tym obowiązkiem wszystkie państwa członkowskie przystąpiły do redukcji zwłaszcza tlenków azotu i pyłu w określonych strefach. W tym celu na mocy art. 23 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE 6 [Dz.U. UE.L.2008.152.1.ze zm.] kolejne branże przystępują do realizacji programów ograniczania zanieczyszczenia powietrza. Zgodnie z przyjętą Dyrektywą 2016/2284 podejmowane są działania dotyczące: zarządzania azotem, strategii żywienia zwierząt gospodarskich, wprowadzania niskoemisyjnych technik

przechowywania i rozprowadzania nawozów, niskoemisyjnych systemów hodowli zwierząt, jak też możliwości ograniczania emisji amoniaku pochodzącego ze stosowania nawozów. Dlatego wielu badaczy poszukuje metod zarówno inwentaryzacji zanieczyszczeń, jak i ich redukcji [Szymula i in. 2021, Nowakowicz-Dębek i in. 2020, Wlazło i in. 2020]. Wśród wielu metod zaleca się stosowanie różnych dodatków paszowych, jak też dodatków do ściółki, które obniżają wielkość uwalnianych zanieczyszczeń. Dobrze przetestowane zostały na różnych gatunkach naturalne sorbenty, a ich skuteczność w przypadku amoniaku wahała się w granicach 24,5–42,56% w stosunku do grupy kontrolnej. Dlatego zaleca się wprowadzenie dobrych praktyk w gospodarstwie, które mogą zmniejszyć emisję do środowiska oraz poprawić bezpieczeństwo i komfort pracy w fermie.

Podsumowanie

Pomiary środowiska zawodowego hodowców bydła pozwoliły na ocenę warunków ich pracy. W oparciu o przeprowadzone pomiary stwierdzono, że wiodącym zagrożeniem w badanym środowisku jest amoniak uwalniany głównie z rozkładających się odchodów zwierząt. Większa liczebność zwierząt wpływa na wyższą zawartość lotnych związków organicznych (LZO). Analiza uzyskanych wyników potwierdziła występowanie czynników szkodliwych w powietrzu badanych obiektów i w celu ich ograniczenia skłania do podjęcia odpowiednich kroków. Należy wprowadzić działania obniżające stężenia zidentyfikowanych zanieczyszczeń gazowych, aby zminimalizować ich negatywny wpływ na pracownika. W badanych pomieszczeniach inwentarskich należy usprawnić funkcjonowanie istniejącej wentylacji lub ją wymienić na wentylację mechaniczną.

Bibliografia

- Anigacz W., Zakowicz E., 2003. Ochrona środowiska: podręcznik dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych. Politechnika Opolska, Opole, 56–60.
- Borzęcki A., Gładysz J., Grzesiak A., Nieradko-Iwanicka B., 2010. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na stan zdrowia i spodziewaną długość życia ludzi. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 91 (92), 178–180.
- Buczyńska A., Szadkowska-Stańczyk I., 2010. Problemy higieny pracy i zagrożenia zdrowotne towarzyszące intensywnej produkcji trzody chlewnej. *Med. Pr.*, 61(3), 323–331.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylecia dyrektywy 2001/81/WE.
- Dz.U. UE.L.2008.152.1.ze zm. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy.
- Dz.U. 2018 poz. 1286 ze zm. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.
- Gładka A., Zatoński T., 2016. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na choroby układu oddechowego. *Kosmos*, 65(4), 573–582.
- Główny Urząd Statystyczny (GUS), 2021. Fizyczne rozmiary produkcji zwierzęcej w 2020. Informacje sygnałowe, 1–4.
- Jędrak J., Konduracka E., Badyda A.J., Dąbrowiecki P., 2017. Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie. *Krakowski Alarm Smogowy*, 37–51.
- Juda-Rezler K., 2006. Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na środowisko. Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

- Kupiec M.J., 2020. Ekspertyza dotycząca podstawowych problemów wynikających z funkcjonowania ferm drobiu oraz obliczenia istotnych zanieczyszczeń z planowanej inwestycji na części działki nr ew. 390 w miejscowości Okniny, gmina Wiśniew, woj. mazowieckie. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 9–24.
- Litwińczuk Z., Grodzki H., 2014. Stan hodowli i chowu bydła w Polsce oraz czynniki warunkujące rozwój tego sektora. *Przegl. Hod.*, 6, 1–5.
- Makles Z., Domański W., 2008. Odory w środowisku pracy rolnika-hodowcy. Źródła, zagrożenia, usuwanie. *Bezp. Pr. Nauka Prakt.*, 2, 10–13.
- Marcinkowski T., 2010. Emisja gazowych związków azotu z rolnictwa. *Woda Środ. Obsz. Wiejskie*, 3(31), 175–189.
- Marek K. (red.), 2003. *Choroby zawodowe*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Myczo A., Lundgaard N.H., Bunsen N., Kreis-Tomczak K., Nawrocki L., 2005. Ograniczenie wpływu na środowisko produkcji trzody chlewnej. *Trzoda Chlewna*, 5, 95–97.
- Myszograj S., Puchalska E., 2012. Odpady z chowu i uboju drobiu – zagrożenie dla środowiska czy surowiec do produkcji energii. *Med. Środ., Environ. Med.*, 15(3), 106–115.
- Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł., Szymula A., Ossowski M., Kasela M., Chmielowiec-Korzeniowska A., Bis-Wencel H. Estimating methane emissions from a dairy farm using a computer program. *Atmosphere* 2020, 11(8), 803, <https://doi.org/10.3390/atmos11080803>
- Olszewska M., 2015. Produkcja mleka w Polsce na tle świata i krajów Unii Europejskiej. *Wiad. Zootech.*, 53(3), 150–157.
- Pietrzak S., 2006. Straty amoniaku z nawozów naturalnych i ich konsekwencje środowiskowe. *Nawozy Nawoz.*, 4, 186–203.
- Podkówka Z., Podkówka W., 2011. Emisja gazów cieplarnianych przez krowy. *Przegl. Hod.*, 3(1), 1–4.
- Smurzyńska A., Dach J., Dworecki Z., Czekala W. 2016. Emisje gazowe podczas gospodarki gnojowicą. *Engin. Protect. Environ.*, 19(1), 109–125.
- Solan M., Józwiak M., 2009. Wpływ mikroklimatu oraz systemu utrzymania na dobrostan krów mlecznych. *Wiad. Zootech.*, 1, 25–29.
- Sosulski T., Łabętowicz J., 2007. Oszacowanie rozpraszania azotu z rolnictwa polskiego do atmosfery oraz wód powierzchniowych i gruntowych. *Post. Nauk Rol.*, 5(59), 3–19.
- Stalenga J., Kawalec A., 2007. Ocena wpływu różnych systemów produkcji roślinnej na poziom emisji podtlenku azotu i bilans glebowej substancji organicznej. W: Czyż E.A., Jugowar J.L., Sławiński C. (red.). *Emisja gazów cieplarnianych i amoniaku w rolnictwie*. Acta Agroph. Rozpr. Monogr., 73–75.
- Szymula A., Wlazło Ł., Sasáková N., Wnuk W., Nowakowicz-Dębek B., 2021. The use of natural sorbents to reduce ammonia emissions from cattle faeces. *Agronomy*, 11(12), 2543, <https://doi.org/10.3390/agronomy11122543>
- Tymczyna L., Maińska A., 1999. Lotne oraz wonne substancje toksyczne jako źródło zanieczyszczenia atmosfery. *Ekol. Tech.*, 6, 167–173.
- Uliasz-Misiak B., 2015. Ryzyko środowiskowe związane z eksploatacją złóż węglowodorów zawierających siarkowodor. *Rocz. Ochr. Środ.*, 17(2), 1498–1511.
- Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Ossowski M., Stasińska B., Kułazyński M., 2020. Estimation of ammonia emissions from a dairy farm using a computer program. *Carbon Manag.*, 11(2), 195–201, <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1703157>
- Żuk J., Orzechowski R., 2009. Wpływ systemu chowu na pracochłonność i optymalną skalę produkcji mleka w gospodarstwach rolniczych. *Rocz. Nauk Roln.*, 277–289.

Badanie opinii społecznej na temat wpływu kotów i psów na środowisko naturalne

Survey of public opinion on the environmental impact of cats and dogs

Koty i psy uczestniczą w życiu człowieka od tysięcy lat, nieodłącznie wpisując się w historię ludzkości. Niegdyś wykorzystywane były głównie do pracy, takiej jak polowania czy ochrona dóbr, jednak zmiany postępujące na przestrzeni wieków doprowadziły do zwiększenia znaczenia ich roli jako zwierząt towarzyszących. Wraz z rozwojem wiedzy wzrosła świadomość ekologiczna związana z wpływem wywieranym przez domowe zwierzęta towarzyszące na ekosystemy przyrodnicze. Temat behawioru i dobrostanu zwierząt utrzymywanych przez człowieka w gospodarstwach domowych staje się coraz bardziej popularny również poza środowiskiem naukowym, co generuje nowe postawy oraz poglądy w społeczeństwie.

Celem pracy było zbadanie opinii społecznej na temat wpływu kotów i psów na środowisko naturalne. Przeprowadzone badanie ankietowe oceniało również poziom wiedzy respondentów w tym zakresie. Analizę wyników przedstawiono wraz z wnioskami autorów przygotowanymi w oparciu o aktualną wiedzę oraz badania naukowe. Opracowanie rozszerza rozważania na temat kwestii ekologicznej, dotyczącej obecności *Felis catus* oraz *Canis familiaris* w środowisku naturalnym, o aspekt związany z czynnikiem antropogenicznym.

Wpływ kota domowego na środowisko przyrodnicze

Koty od wieków fascynowały ludzkość, która uznawała je zarówno za obiekt kultu, jak i uosobienie zła. Ich indywidualność, doskonale przystosowanie do roli drapieżnika oraz silny instynkt łowiecki pobudzały wyobraźnię przedstawicieli wielu kultur na przestrzeni lat. Kot stał się inspiracją dla malarzy, był bohaterem dzieł literackich, a nawet elementem wierzeń i praktyk religijnych. W obecnych czasach nadal funkcjonują mity związane z behawiorem kota, opierające się głównie na antropomorfizacji i przypisywaniu tym zwierzętom niezwykłych zdolności.

Koty to jedne z najbardziej rozpowszechnionych i lubianych zwierząt domowych. Przy zachowaniu obecnego trendu wzrostowego wielkość światowej populacji *Felis catus*, szacowana na ponad 500 mln sztuk, może w niedługim czasie dorównać wielkości

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

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

populacji *Canis familiaris*. Zważywszy na stosunkowo krótki czas, który minął od udomowienia kota, liczebność gatunku jest zaskakująco wysoka. Pierwsze kontakty kotów z ludźmi, potwierdzone badaniami archeologicznymi, miały miejsce 9000–7000 lat p.n.e., jednak kluczowym momentem domestykacji kota było wprowadzenie osiadłego trybu życia i upowszechnienie się rolnictwa. Wówczas w pobliżu siedzib ludzkich zaczęły się pojawiać gryzonie skuszone łatwym dostępem do zbóż, co zapoczątkowało trwającą wciąż relację ludzi z kotami [Vigne i in. 2016].

Jak wskazują badania, do udomowienia kotów doszło niezależnie na Bliskim Wschodzie, w Egipcie oraz Chinach. Do Europy kot przybył najprawdopodobniej z Egiptu. Analiza ekspansji kota w odniesieniu do przebiegu ówczesnych morskich szlaków handlowych sugeruje, że dostał się on na kontynent europejski drogą morską [Ottoni i in. 2017]. Obecnie wielkość populacji kota w Europie szacuje się na ponad 110 mln osobników, z czego prawie 7 mln żyje w Polsce [FEDIAF 2020].

Rosnąca wielkość populacji kota domowego spowodowała pojawienie się wielu nowych problemów zarówno ekologicznych, jak i związanych ze zdrowiem publicznym. Koty są potencjalnymi nosicielami wielu chorób, także zoonotycznych. Do najbardziej niebezpiecznych można zaliczyć wściekliznę, toksoplazmozę i bartonellozę. Możliwe są również zakażenia grzybicami skórnymi oraz robaczyce, jednak te ostatnie nie są uważane obecnie za szczególnie znaczące zoonozy [Gawor 2020]. Grupy kotów wolno bytujących, a także koty wychodzące, ze względu na efektywność rozprzestrzeniania się chorób wirusowych oraz pasożytniczych, są zagrożeniem dla kotów utrzymywanych w domu, mogących mieć jednak kontakt ze światem zewnętrznym.

Najważniejszym aspektem zagrożenia płynącego z rozrastającej się intensywnie populacji *Felis catus* pozostaje jednak wpływ na środowisko. Kot jest wyspecjalizowanym drapieżnikiem oportunistycznym o silnym instynkcie łowieckim, niewyciszającym się nawet u kotów niewychodzących. Poszczególne zachowania związane z polowaniem są w pewnym stopniu niezależne od siebie, a także od zaspokojenia głodu, co oznacza, że nawet najedzony kot będzie wykazywał zainteresowanie potencjalną ofiarą [Rochlitz 2009]. Do czynników indukujących cykl łowiecki należą szelesty, gwałtowne ruchy, a także wysokie dźwięki, z kolei głód zwiększa wysiłek wkładany w polowanie [Kamieniak i in. 2016]. Koty polują co najmniej kilka razy na dobę [Jank 2015]. Szacunkowa liczba ofiar kotów domowych na terenie Polski przekracza 600 mln sztuk rocznie. Najczęściej są to zwierzęta występujące powszechnie na danym terenie, jednak polują również na przedstawicieli gatunków chronionych [Krauze-Gryz i in. 2019]. Koty mają wysoce negatywny wpływ na populacje różnych gatunków ptaków zarówno ze względu na częstotliwość polowań, jak i uszkodzanie lęgów [Czyżowski i in. 2006]. Na ataki tych drapieżników szczególnie są narażone ptaki śpiewające blisko gruntu, a także te o niewielkim dystansie lotu [Kamieniak i in. 2016]. Według wyników badań już sama obecność kota w środowisku przyrodniczym znacząco zmniejsza efektywność odchowu piskląt [Beckerman i in. 2007, Bonnington i in. 2013]. Do ofiar kotów należą również zwierzęta łowne, takie jak zające, kuropatwy i bażanty [Flis i Rataj 2019]. Skuteczność polowań znacząco zwiększa się na terenach z dużą ilością drzew i krzewów [Kamieniak i in. 2016].

Koty, będące drapieżnikami antropogenicznymi, stanowią konkurencję dla drapieżników rodzimych (takich jak inne kotowate, łasicowate czy lisy), posiadających nakładającą się gatunkowo bazę żywieniową.

Istotnym skutkiem wpływu kota na środowisko naturalne jest również genetyczna bliskość kota domowego (*Felis catus*) oraz żbika europejskiego (*Felis silvestris*), umożli-

liwiająca krzyżowanie się osobników tych gatunków, co prowadzi do degeneracji genetycznej żbika. Prawdopodobnie całą polską populację żbika, szacowaną na ok. 200 sztuk, stanowią hybrydy *Felis silvestris* i kota domowego [WWF 2018]. Podobny problem odnotowano również w innych państwach europejskich. Badania przeprowadzone na terenie Francji wskazują na bardzo wysokie zagrożenie krzyżowaniem międzygatunkowym, gdyż jedynym czynnikiem koniecznym do zaistnienia tego zjawiska jest nałożenie się terytoriów bytowania obu gatunków [Germain i in. 2008].

Wpływ kota domowego na środowisko, okazujący się degradacją (zwłaszcza lokalnie) wielu gatunków małych kręgowców, jest na tyle intensywny, że niektórzy badacze przypisują mu w tym zakresie większe znaczenie niż antropogenicznemu niszczeniu siedlisk naturalnych [Kamieniak i in. 2016].

Wpływ psa domowego na człowieka i środowisko przyrodnicze

Pies domowy jest potomkiem wilka *Canis lupus*. Przez człowieka został udomowiony kilkanaście tysięcy lat temu, choć niektórzy badacze uważają, że doszło do tego znacznie wcześniej [Kaleta 2021]. Obecnie światową populację psa szacuje się na ok. 700 mln osobników [Flis i Rataj 2019], z czego według danych literaturowych aż 75% tej populacji to psy, które pozostają w różnym stopniu poza kontrolą człowieka [Kaleta 2015]. W Polsce żyje blisko 8 mln osobników [FEDIAF 2020].

Psy występujące w środowisku naturalnym zalicza się do wspólnej grupy *Canis lupus familiaris*. Przedstawiciele tego gatunku wykazują różny stopień uniezależnienia od człowieka. Mogą to być psy wałęsające się i posiadające właścicieli, bezdomne, jak i całkowicie dziczące [Kaleta 2015, 2018]. Główne zagrożenia wynikające z obecności psów w środowisku naturalnym to szerzenie się chorób zakaźnych, drapieżnictwo na wielu gatunkach ssaków, gadów i ptaków, konkurencja z dzikimi drapieżnikami i ewentualne krzyżowanie międzygatunkowe [Kaleta 2015, 2021]. Niektórzy autorzy podają, że psy są źródłem ok. 60 chorób zoonotycznych [Kaleta 2015]. Najgroźniejsze z nich to wścieklizna, echinokokoza i toksokaroza. Wścieklizna w Polsce i innych krajach Europy obecnie spotykana jest u psów stosunkowo rzadko, co spowodowane jest obowiązkiem szczepień. Na świecie natomiast, zwłaszcza w krajach rozwijających się, choroba ta wciąż stanowi problem epizootyczny [Jackman i Rowan 2007]. Wirus wścieklizny może być przenoszony w wyniku pogryzień przez wałęsające się psy, stając się źródłem zarażenia dla zwierząt towarzyszących i wolno żyjących [Kaleta 2015]. Wpływ psów domowych na rozprzestrzenianie się wścieklizny w środowisku naturalnym wykazały również badania szakali etiopskich (*Canis simiensis*). Gatunek ten jest endemitem i najbardziej narażonym na wyginięcie psowatym. Przez ostatnie 20 lat jego populacja znacząco ucierpiała na skutek zarażenia wścieklizną, której źródłem okazały się wałęsające się psy [Kaleta 2021]. Innymi ważnymi chorobami zakaźnymi, które pojawiły się w populacjach dzikich psowatych i kotowatych za pośrednictwem psów domowych, są parwowiroza i nosówka [Kaleta 2021].

Rola psów wałęsających się, dziczących czy też po prostu nieodrobaczanych przez właścicieli w przenoszeniu chorób pasożytniczych jest bardzo duża, zwłaszcza ze względu na rozsiewanie jaj w środowisku naturalnym i w otoczeniu człowieka. Bardzo ważną pasożytniczą zoonozą jest echinokokoza wywoływana przez tasiemce z rodzaju *Echinococcus*. Kolejną powszechną zoonozą jest toksokaroza wywoływana przez glistę

Toxocara canis. U psów wałęsających się ryzyko transmisji pasożytów, w tym zoono-
tycznych, jest znacznie większe [Bowman 2021].

Jak wynika z badań, psy pozostające poza kontrolą człowieka, w wyniku zdziczenia
czy przy braku zaufania do człowieka, mimo że są zdrowe, mogą być agresywne. Sytua-
cja ta dotyczy głównie młodych samców. W przypadku konfrontacji z takim psem istnieje
duże ryzyko pogryzienia [Flis i Rataj 2019, Kaleta 2021].

Psy, które są poza kontrolą człowieka, żywią się głównie odpadkami, co nie wyklu-
cza polowań na inne zwierzęta domowe i wolno żyjące [Kaleta 2021]. Wałęsające się
i zdziczałe psy mogą tworzyć grupy w celu zwiększenia skuteczności polowań, jednak
nawet wtedy nie wykazują w tej kwestii efektywności równej wilkom. Często dochodzi
do nękania i zestresowania potencjalnej ofiary, która w wyniku takiego zdarzenia może
być podatna na inne zagrożenia, a także śmierć [Kaleta 2015, 2021].

Od strony ekologicznej psy polujące bez nadzoru człowieka można uznać za nowe
drapieżniki funkcjonujące w ekosystemie, które mogą oddziaływać na środowisko natu-
ralne. Wpływ ten, zwłaszcza dla zagrożonych gatunków, może okazać się destrukcyjny.

Biorąc pod uwagę czynnik ekonomiczny, psy niepodlegające kontroli człowieka
powodują znaczne straty w różnych gałęziach gospodarki [Kaleta 2018]. Według badań
przeprowadzonych w latach 2009–2017 na terenie obwodów łowieckich w Polsce szacuje
się liczbę psów bezańskich na blisko 47 000 osobników, a psów mających właściciela
i puszczanych samopas – na ok. 95 000 sztuk [Flis i Rataj 2019]. Jak wykazały badania
przeprowadzone w latach 2005–2011 w centralnej Polsce, dieta psów wolno żyjących
w naszym kraju opierała się głównie na pokarmie wytwarzanym przez człowieka (od-
padki, dokarmianie) i zawierała w największej części zboże, a wśród pokarmu zwierzę-
cego dominowały: małe ssaki (5% latem i 9,5% zimą), zając szarak (3% latem i 4% zimą),
ptaki (1,5%), a z większych ssaków występowała sarna (1,3% latem i 12% zimą) [Krauze-
-Gryz i Gryz 2014]. Brakuje danych na temat tego, czy zwierzęta te zostały upolowane, czy
spożyte jako padlina pochodząca na przykład z wypadków drogowych [Flis i Rataj 2019].
Według szacunków Polskiego Związku Łowieckiego w latach 2003–2009 szkody wyrzą-
dzone przez psy w wyniku polowań na dzikie zwierzęta opiewały na 36 mln złotych [Kaleta
2015].

Psy będące poza kontrolą człowieka i zdziczałe mogą wpływać na środowisko przy-
rodnicze również poprzez konkurowanie z rodzimymi gatunkami drapieżników. Chociaż
w Polsce psy w większej mierze korzystają z pokarmu pochodzenia antropogenicznego,
w przyrodzie może dochodzić do konfrontacji psów z dzikimi drapieżnikami, zwłaszcza
przy pożywianiu się padliną. W przypadku spotkania mniejszych drapieżników, takich
jak lis, borsuk czy kuna, może dojść do zabicia słabszego konkurenta [Kaleta 2015]. Psy
wolno żyjące mogą także krzyżować się z wilkami, co prowadzi do powstawania osobni-
ków hybrydowych nazywanych „wolfdogs”. Jeśli wilków jest na danym terenie mało, to
ich pula genetyczna może wówczas zostać poważnie ograniczona [Kaleta 2015]. Problem
ten dotyczy także innych gatunków dzikich psowatych, z którymi psy domowe mogą się
swobodnie krzyżować.

Wyniki badań ankietowych

Badanie ankietowe obejmowało zarówno kwestie poglądów, jak i wiedzy respon-
dentów w zakresie wpływu kotów i psów na środowisko naturalne w Polsce. Ankieta

została podzielona na trzy moduły: metryczkę, część zawierającą pytania dotyczące kotów oraz część zawierającą pytania dotyczące psów.

Badano ocenę respondentów dotyczącą czterech grup zwierząt:

- koty wolno żyjące (bez właściciela),
- koty wypuszczane bez kontroli i posiadające właściciela,
- psy wolno bytujące (bez właściciela),
- psy wypuszczane (lub wprowadzane bez smyczy) i posiadające właściciela.

Ankietowani wszystkie cztery grupy oceniali w inny sposób. Wiedza respondentów w zakresie omawianego tematu, zwłaszcza dotycząca skutków obecności kota w środowisku, wydaje się niska. Na pytanie „Czy uważasz, że kot jest gatunkiem inwazyjnym w Polsce?” odpowiedzi przeczącej udzieliło ponad 56% osób, a 17% nie miało zdania w tym temacie. Presja kota na populację ptaków jest wprawdzie zauważana przez respondentów, którzy na pytanie „Czy uważasz, że kot ma wpływ na populację ptaków?” w prawie 53% odpowiedzi twierdząco, zaś w 24% odpowiedzi nie mieli zdania, jednak nie wpływa to negatywnie na ogólną ocenę kota jako gatunku zagrażającego środowisku. Na pytanie „Czy uważasz, że koty wolno żyjące są zagrożeniem dla środowiska?” otrzymano ponad 51% odpowiedzi przeczących, 35% odpowiedzi twierdzących, natomiast 14% nie ma zdania na ten temat. Z kolei na pytanie „Czy uważasz, że koty posiadające dom i wypuszczane na zewnątrz są zagrożeniem dla środowiska?” uzyskano prawie 61% odpowiedzi przeczących, 33% twierdzących oraz 6% odpowiedzi „nie mam zdania”. Respondenci nie uważają również kotów za szkodniki (pytanie „Czy uważasz, że kot jest szkodnikiem?” uzyskało 70% odpowiedzi przeczących, 21% twierdzących, a 9% odpowiadających nie miało na ten temat zdania). Większość ankietowanych twierdzi, że obecność kotów wolno żyjących w środowisku naturalnym jest konieczna, jednak ponad 42% badanych uznaje populację za zbyt dużą, co świadczy o dostrzeżeniu przez społeczeństwo problemu związanego z liczebnością *F. catus*. Docenione zostało również rozwiązanie w postaci kastracji – 76% respondentów popierało kastrowanie zwierząt posiadających dom i wypuszczanych na zewnątrz, natomiast w przypadku kotów wolno bytujących było to aż 82% badanych (z czego ponad 22% respondentów zaznaczyło, że popierają tylko częściowe ograniczenie rozrodczości, tak aby utrzymywać populację na stałym poziomie).

Większość ankietowanych nie zdawała sobie również sprawy z negatywnego wpływu kota domowego na populację żbika. Na pytanie „Czy uważasz, że wolno bytujące koty mają wpływ na populację żbika w Polsce?” ponad 28% respondentów odpowiedziało przecząco, prawie 24% twierdząco, natomiast 48% nie miało zdania.

W przypadku oceny obecności psa w środowisku naturalnym wyniki wskazują na większą świadomość problemu u ankietowanych. Wyższy poziom wiedzy dotyczącej psów może być spowodowany innym statusem prawnym obu gatunków. Ponad 94% badanych uważa, że psy nie powinny mieć możliwości poruszania się po mieście bez kontroli. Niekontrolowane poruszanie się psów na terenach poza miastem zostało ocenione mniej jednomyślnie, ale nadal raczej negatywnie (80% udzielonych odpowiedzi). Preferowaną metodą kontroli psa w mieście jest smycz (ponad 81% odpowiedzi), natomiast w przypadku spacerów poza miastem jest to wysoki poziom wyszkolenia psa (prawie 70% odpowiedzi). Uczestnicy badania ocenili wpływ psów na środowisko naturalne jako bardziej szkodliwy niż wpływ kotów, jednak skutki bytowania w środowisku psów wolno żyjących zostały ocenione mniej negatywnie niż psów posiadających właściciela, ale wprowadzanych bez smyczy. Pytanie „Czy uważasz, że psy stanowią zagrożenie dla środowiska?” dotyczące grupy psów wolno żyjących uzyskało ponad 54% odpowiedzi

twierdzących, podczas gdy to samo pytanie, odnoszące się do grupy psów wyprowadzanych bez smyczy, otrzymało tych odpowiedzi już ponad 68%. Na podstawie uzyskanych danych nie można uzyskać wyjaśnienia dla różnicy w odpowiedziach. Około 80% respondentów uważa psy wolno żyjące za zagrożenie dla ludzi lub innych psów. W pytaniu dotyczącym wpływu psów na populację zwierząt dzikich otrzymano wyniki zbliżone do wyników uzyskanych przy podobnym pytaniu w części dotyczącej kotów („Czy uważasz, że wolno żyjące psy mają wpływ na populację dzikich zwierząt?” – 29% odpowiedzi przeczących, ponad 46% odpowiedzi twierdzących oraz blisko 25% odpowiedzi „nie mam zdania”). Preferowanym przez badanych rozwiązaniem problemu wpływu kota na środowisko jest kastracja, natomiast w przypadku psów wolno bytujących jest to odławianie. Na pytanie „Czy uważasz, że psy wolno żyjące powinny być odławiane?” uzyskano tylko niecałe 7% odpowiedzi przeczących, prawie 69% odpowiedzi twierdzących i ok. 24% odpowiedzi „nie mam zdania”. Przeważająca większość (93%) ankietowanych pozytywnie oceniła tworzenie grodzonych i bezpiecznych miejsc, takich jak psie wybiegi, przeznaczonych dla psów wypuszczanych bez smyczy.

Uzyskane w przeprowadzonym badaniu ankietowym odpowiedzi wskazują na konieczność zwiększania wśród właścicieli zwierząt domowych świadomości problemów związanych z wpływem kotów i psów na środowisko przyrodnicze. Należy również podkreślać pozytywne efekty płynące z zaangażowania społeczeństwa w kwestie ekologiczne w zakresie oddziaływania zwierząt domowych na dziką faunę.

Bibliografia

- Beckerman A.P., Boots M., Gaston K.J., 2007. Urban bird declines and the fear of cats. *Animal Conserv.*, 10, 320–325. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2007.00115.x>
- Bonnington C., Gaston K.J., Evans K.L., 2013. Fearing the feline: domestic cats reduce avian fecundity through trait-mediated indirect effects that increase nest predation by other species. *J. Appl. Ecol.* 50, 15–24. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12025>
- Bowman D.D., 2012. *Parazytologia weterynaryjna* Georgis. Elsevier Urban & Partner, Wrocław.
- Czyżowski P., Karpiński M., Drozd L., 2006. Porównanie presji drapieżników na łęgi bażantów na terenie miejskim i terenie rolniczym. *J. Animal Sci. Biol. Bioecon.* 24, 429–435.
- FEDIAF, 2020. *Facts & Figures 2020 European Overview*. https://drive.google.com/file/d/1ER8F1E3gwX2g3Tl5aGpxPziCuyOj-1p_/?usp=sharing [dostęp: 8.04.2022].
- Flis M., Rataj B., 2019. Drapieżnictwo psów i kotów na zwierzętach łownych. *SiM CEPL* 59(2), 119–127.
- Gawor J., 2020. Zoonotyczne pasożyty psów i kotów – prawdy i mity. *Mag Wet* 29(269), <https://magwet.pl/34206,zoonotyczne-pasozyty-psow-i-kotow-prawdy-i-mity> [dostęp: 8.04.2022].
- Germain E., Benhamou S., Poulle M.-L., 2008. Spatio-temporal sharing between the European wildcat, the domestic cat and their hybrids. *J. Zool.* 276, 195–203. doi:10.1111/j.1469-7998.2008.00479.x
- Jackman J., Rowan A., 2007. Free-roaming dogs in developing countries: the benefits of capture, neuter, and return programs. W: D. Salem, A. Rowan (red.). *The state of the animals IV*. Humane Society Press, Waszyngton, 55–78.
- Jank M., 2015. Kot jako mięsożerca – co to oznacza dla lekarza weterynarii? *Mag. Wet.* 10 (24). <https://magwet.pl/mw/19858,kot-jako-miesozerca-co-to-oznacza-dla-lekarza-weterynarii> [dostęp: 8.04.2022].
- Kaleta T., 2015. Psy poza kontrolą jako problem globalny. *Życie Wet.* 90(11), 715–720. <https://www.vetpol.org.pl/dmdocuments/ZW-11-2015-02.pdf> [dostęp: 8.04.2022].

- Kaleta T., 2018. Zachowanie się psów poza kontrolą. *Mag. Wet.* 27(248), 20, 22, 24–25. <https://magwet.pl/30337,zachowanie-sie-psow-pozza-kontrola> [dostęp: 8.04.2022].
- Kaleta T., 2021. Pies domowy poza kontrolą: wróg czy przyjaciel dzikiej przyrody?. W: K. Kalbarczyk, K. Skrzątek (red.). *Współczesne problemy ochrony środowiska – wybrane aspekty*. Wydawnictwo Naukowe TYGIEL, Lublin, 27–134.
- Kamieniak J., Mazurkiewicz T., Tietze M., 2016. Obecność zdziczałych kotów domowych jako czynnik zagrażający światowej bioróżnorodności. *Życie Wet.* 91(2), 96–98.
- Krauze-Gryz D., Gryz J., 2014. Free-ranging domestic dogs (*Canis familiaris*) in Central Poland: density, penetration range and diet composition. *Pol. J. Ecol.* 62(1), 183–193. <https://doi.org/10.3161/104.062.0101>
- Krauze-Gryz D., Gryz J., Żmihorski M., 2019. Cats kill millions of vertebrates in Polish farmland annually. *GECCO*, 17: e00516. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00516>
- Ottoni C., Van Neer W., Cupere B., Daligault J., Guimaraes S., Peters J., Spassov N., Prendergast M., Boivin N., Morales-Muñiz A., Balasescu A., Becker C., Benecke N., Boroneant A., Buitenhuis H., Chahoud J., Crowther A., Llorente-Rodriguez L., Manaseryan N., Geigl E-M., 2017. The palaeogenetics of cat dispersal in the ancient world. *Nature Ecol. Evol.* 1(0139). <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0139>
- Rochlitz I., 2009. Basic requirements for good behavioural health and welfare in cats. W: D.F. Horwitz, D.S. Mills (red.). *BSAVA manual of canine and feline behavioural medicine*, 35–48. <https://dx.doi.org/10.22233/9781905319879.4>
- Vigne J-D., Evin A., Cucchi T., Dai L., Yu Ch., Hu S. Soulages N., Wang W., Sun Z., Gao J., Dobney K., Yuan J., 2016. Earliest “domestic” cats in China identified as Leopard Cat (*Prionailurus bengalensis*). *PLoS One* 11(1): e0147295. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147295>
- WWF, 2018. Żbik – tajemniczy dziki kot. <https://www.wwf.pl/aktualnosci/zbik-tajemniczy-dziki-kot> [dostęp: 8.04.2022].

Wykorzystanie usieciowanych agregatów enzymów (CLEAs) w usuwaniu ksenobiotyków

The use of cross-linked enzymes aggregates (CLEAs) in the removal of xenobiotics

Wzrost występowania chorób cywilizacyjnych, głównie nowotworowych, przyczynia się do zwiększenia produkcji farmaceutyków, które zanieczyszczają środowisko [Verlicchi i in. 2012]. Ponadto z użyciem syntezy chemicznej wytwarzane są barwniki wykorzystywane następnie w różnych gałęziach przemysłu, w szczególności przy produkcji żywności czy we włókiennictwie. Pozostałości po ich stosowaniu trafiają najczęściej do ścieków przemysłowych i komunalnych, a finalnie do zbiorników wodnych [Ba i in. 2013]. Substancje pochodzenia antropogenicznego, niewystępujące naturalnie w środowisku oraz organizmach żywych, nazywane są ksenobiotykami. Zalicza się do nich wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), chlorofenole, dioksyny czy polichlorowane bifenyle zawarte w pestycydach lub barwnikach przemysłowych. Ponadto przemiany, którym ksenobiotyki podlegają w środowisku, nierzadko generują produkty wtórne, wykazujące wyższą toksyczność od ich prekursorów. Dlatego też konieczne jest zastosowanie odpowiednich metod oczyszczania przed odprowadzeniem ścieków – szczególnie zawierających barwniki przemysłowe – do zbiorników wodnych. W związku z tym w ostatnich latach zarówno w skali laboratoryjnej, jak i na poziomie przemysłowo-komercyjnym znacznie wzrosła liczba zastosowań usieciowanych agregatów enzymatycznych jako wszechstronnych i wydajnych biokatalizatorów [Bilal i in. 2017]. Ich rolę mogą spełniać enzymy oksydacyjne, takie jak peroksydazy mające zdolność do przekształcania szkodliwych związków w bezpieczne dla środowiska naturalnego produkty podczas łagodnej reakcji przy obecności nadtlenu wodoru [Celebi i in. 2013]. Enzymy mogą być izolowane z hodowli grzybów zdolnych do rozkładu ligniny, a ich użycie pozwala na przekształcanie szerokiego spektrum związków organicznych zaburzających gospodarkę hormonalną i funkcjonowanie organizmu [Touahar 2014]. Jednakże samodzielne peroksydazy mogą być stosowane tylko jednokrotnie i nie są specyficzne, tym samym zwiększają koszty przeprowadzania metod z ich wykorzystaniem. Z tego powodu stosowana jest immobilizacja enzymu, która go stabilizuje, przedłuża jego żywotność oraz przede wszystkim zmniejsza koszty użycia [Sheldon 2007]. Metoda ta umożliwia wielokrotne ponowne wykorzystanie danego kompleksu, a także zwiększa ekonomiczność prowadzonego procesu i obniża jego całkowity koszt [Bilal i in. 2017]. Dodatkowo mogą być stosowane biokatalizatory łączące w sobie enzymy o różnej budowie chemicznej i odmiennych parametrach działania. Tworzenie usieciowanych agregatów enzyma-

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Studenckie Koło Naukowe Analityków Środowiska, piotr117@vp.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Mikrobiologii Środowiskowej

tycznych to szybka, bezpieczna i wydajna metoda zwana CLEA (ang. *cross-linked enzyme aggregates*), niewymagająca obecności nośników [Sheldon 2011]. Trójwymiarowa struktura enzymu przy zastosowaniu metody CLEA nie ulega zmianie, dzięki czemu jego aktywność katalityczna zostaje zachowana [Yamaguchi i in. 2018]. Istnieje możliwość usieciowania większej liczby enzymów, która daje nowy typ biokatalizatorów nazywanych agregatami enzymów usieciowanych (combi-CLEAs). Wieloetapowa stratyfikacja katalityczna dzięki temu staje się łatwiejsza, ale także combi-CLEAs wykazują dużo wyższą wydajność konwersji niż ich pojedyncze, wolne komponenty [Mateo i in. 2006]. CLEAs charakteryzują się wydłużonym okresem przechowywania oraz odpornością na denaturację termiczną, działanie rozpuszczalników organicznych czy autoproteolizę [Bilal i in. 2017]. Tworzenie stabilnego biokatalizatora do usuwania związków czynnych o różnej strukturze ze środowiska wodnego i ścieków opiera się na wstępnej i późniejszej analizie substancji oraz solubilizacji danych enzymów degradujących zanieczyszczenia, pozyskanych z grzybów mikroskopijnych przy użyciu czynnika sieciującego oraz wprowadzeniu kompleksu combi-CLEA do ścieków komunalnych czy zbiorników wodnych wymagających oczyszczenia [Touahar i in. 2014]. Reakcje przeprowadzane podczas tego procesu nie wymagają skomplikowanych specjalistycznych reaktorów, są natomiast prowadzone w łagodnych warunkach, z użyciem rozpuszczalnika bezpiecznego dla środowiska oraz biokompatybilnego i biodegradowalnego katalizatora, który pochodzi z zasobów odnawialnych. Podczas procesu wykorzystującego usieciowane kompleksy enzymatyczne wytwarza się mniej odpadów, jest on energooszczędny oraz dostarcza produkty o wysokiej czystości. Wynika to z braku konieczności aktywacji grup funkcyjnych oraz pominięcia – zwykle niezbędnych – etapów oczyszczania [Sheldon 2011].

Celem niniejszej pracy jest przegląd dostępnych informacji dotyczących metody sieciowania biokatalizatorów oraz możliwości zastosowania usieciowanych agregatów enzymów (CLEAs) do usuwania ksenobiotyków.

Zagrożenia wynikające z obecności ksenobiotyków w środowisku

Do głównych grup ksenobiotyków należą: leki (w szczególności cytostatyki), pestycydy oraz zanieczyszczenia przemysłowe, wśród których można wyróżnić polichlorowane bifenyle czy barwniki antrachinonowe. Najważniejszą grupę ksenobiotyków stanowią cytostatyki wykorzystywane szeroko w terapiach przeciwnowotworowych. Ich działanie opiera się na zahamowaniu rozwoju i podziałów komórek, czego konsekwencją jest ich śmierć [Balcerzak i Rezka 2014]. Związki te są dużym zagrożeniem dla środowiska, ponieważ zaprojektowano je tak, by wywołać efekt biologiczny w niskich dawkach. Mogą powodować ostrą lub przewlekłą toksyczność, biorąc pod uwagę średnie stężenie, w którym zazwyczaj występują [Zouneková i in. 2007, Balcerzak i Rezka 2014]. Równie ważne są związki stanowiące analogi hormonów zwierzęcych i ludzkich nazywane dysruptorami endokrynnymi. Stanowią one obszerną grupę związków biologicznie czynnych, wśród których największe znaczenie mają oksyetylowane alkilofenole, bisfenol A i jego pochodne (bisfenol F, bisfenol S, tetrabromobisfenol A) oraz insektycyd dichlorodifenyltrichloroetan (DDT). Najczęstsze skutki ekologiczne wynikające z ich obecności dla fauny wodnej to zaburzony rozwój układu rozrodczego, zmniejszone wylęganie się ikry, niska przeżywalność młodych osobników, maskulinizacja samic ryb, feminiza-

cja samców ryb lub lokalne wymieranie niektórych gatunków [Falconer i in. 2006]. Zagrożeniem dla środowiska są nawet niskie stężenia barwników syntetycznych w wodach powierzchniowych, co powoduje wyraźne zmiany ich barwy, a w efekcie pogorszenie przenikania światła, zaburzające procesy fotosyntezy [Rehman i in. 2011]. Długotrwała obecność tych związków w wodzie glebowej dostępnej dla roślin konsumpcyjnych może przyczynić się do wnikania do roślin, których spożycie może powodować nadmierne pocenie, dezorientację, oparzenia ust, nudności oraz methemoglobinemię [Rafatullah i in. 2010, Salleh i in. 2011].

Sieciowanie enzymów

Enzymy usieciowane po raz pierwszy opisano w latach 60. XX wieku, lecz nie zyskały one popularności, ponieważ były na ogół trudne w obróbce. Ponadto wykazywały niską aktywność katalityczną i małą stabilność działania. Badania przeprowadzone w kolejnych latach spowodowały, że współcześnie CLEAs jest metodą prostą, niewymagającą stosowania enzymów o wysokim stopniu oczyszczenia. Metoda otrzymywania usieciowanych kompleksów enzymatycznych polega na użyciu częściowo oczyszczonych enzymów wyizolowanych z hodowli drobnoustrojów bez konieczności używania drogich nośników. Najczęściej w metodzie CLEAs enzym jest najpierw wytrącany z użyciem środków strącających, a następnie dochodzi do usieciowania powstałych w ten sposób agregatów za pomocą glutaraldehydu lub innych łagodniejszych środków sieciujących [Bilal i in. 2017]. Sieciowanie zachodzi między resztami lizyny (Lys) na powierzchniach sąsiadujących cząsteczek enzymu a aldehydem glutarowym poprzez reakcję zasady Schiffa. Różne czynniki strącające wywołują odmienne konformacje agregatów enzymatycznych w taki sposób, że selektywność CLEA jest w znacznym stopniu uzależniona od ułożenia agregatów enzymatycznych [Yamaguchi i in. 2018]. Na przykład CLEAs acylazy penicyliny G wytrąconej siarczanem amonu wykazały podobne zachowanie do natywnego enzymu w syntezie ampicyliny, podczas gdy CLEAs przygotowane przy użyciu tert-butanolu jako środka strącającego charakteryzowały się względnie stałą selektywnością [Cao i in. 2003]. Wybór odpowiedniego czynnika sieciującego ma kluczowe znaczenie dla aktywności enzymatycznej uzyskanego CLEA. Niskocząsteczkowe związki, takie jak dialdehyd, mogą wnikać do wnętrza enzymu, niszcząc przy tym jego trzeciorzędową strukturę i powodując całkowitą utratę jego aktywności. Nie wykazano takiego działania w przypadku wysokocząsteczkowych polimerów, np. polialdehydu dekstranowego (100–200 kDa). Inną dostępną alternatywą jest sieciowanie karboksylowych grup aminowych białek z chitozanem w postaci czynnika sieciującego dla kompleksu lakazy-CLEA, ale również polietylenoiminy wspomagającej sieciowanie kompleksu lipazy-CLEA. Sieciowanie białek aktywowanych przez grupy karboksylowe ma tę zaletę, że białka te są liczniejsze niż grupy aminowe. W ten sposób uzyskuje się wyższy stopień modyfikacji chemicznej, co w konsekwencji prowadzi do zwiększenia sztywności i stabilności termicznej białka [Velasco-Lozano i in. 2015].

Każdy enzym ma unikalną sekwencję aminokwasów i strukturę powierzchniową (liczbę dostępnych reszt Lys), dlatego sposób przygotowania CLEAs może być zoptymalizowany w odniesieniu do: aktywności katalitycznej, zwiększenia stabilności względem temperatury i pH, aktywności w obecności wysokich stężeń rozpuszczalników polarnych, zmiany właściwości katalitycznych. Optymalizacja wytwarzania CLEAs może zachodzić

przy pomocy takich dodatków, jak albumina surowicy bydlęcej (BSA, ang. *bovine serum albumin*). Jej dodatek ułatwia przygotowanie agregatów przy niskim stężeniu białka lub aktywności enzymu, co jest spowodowane wysokim stężeniem aldehydu glutarowego, które jest wymagane do uzyskania agregacji. Ponadto lipaza-CLEAs z dodatkiem BSA wykazała, że jest odporna na dezaktywację lipazy przez aldehyd octowy, który powstaje w wyniku transacetylacji między alkoholami benzyłowymi a octanem winylu. Struktura CLEA składa się z sieci usieciowanej lipazy i BSA, co zapobiega dostępowi aldehydu octowego do ważnych reszt aminokwasowych lipazy. Innymi dodatkami optymalizującymi działanie usieciowanych agregatów enzymów są środki powierzchniowo czynne zastosowane na etapie agregacji enzymów. Kompleksy lipaza-CLEAs z SDS, Triton X-100 lub Tween 80 wykazywały co najmniej dwukrotnie większy wzrost aktywności katalitycznej. Do optymalizacji mogą zostać wykorzystane także kationy wapnia i sodu, które umożliwiają powstanie termostabilnej α -amylazy-CLEAs [Yamaguchi i in. 2018].

Wykorzystanie metody CLEA do usuwania ksenobiotyków

Aktualnie jednym z największych wyzwań dla przemysłu farmaceutycznego czy chemicznego jest prowadzenie produkcji w sposób bardziej ekologiczny i zrównoważony. Powinien on polegać na zmniejszeniu lub całkowitej eliminacji wytwarzania oraz stosowania substancji toksycznych. W tym zakresie wiele pozytywnych aspektów wykazuje biokataliza [Sheldon 2011].

Preparaty składające się z usieciowanych enzymów, dzięki ich zdolnościom do tworzenia tylko jednego enancjomeru na danym atomie węgla, umożliwiają katalizowanie takich reakcji, jak hydroliza aminokwasowa, reakcja enzymatyczna z użyciem immobilizowanych enzymów. Powoduje to uwolnienie danego składnika i jego oddzielenie od reszty związku. Dzięki temu możliwe jest usunięcie niepożądanego składnika z leków będących przyczyną zanieczyszczeń środowiska przez zalegające w nim pozostałości takich farmaceutyków [Synowiecki i Wołosowska 2007]. Poznana została wydajność usieciowanych biokatalizatorów uzyskanych z wykorzystaniem metody combi-CLEA z połączenia lakazy z *Trametes versicolor* (Lac, EC 1.10.3.2), peroksydazy uniwersalnej z *Bjerkandera adusta* (VP, EC 1.11.1.16) i oksydazy glukozowej z *Aspergillus niger* (GOD, EC 1.1.3.4) do wydajnej detoksykacji niesteroidowych leków przeciwzapalnych, takich jak acetaminofen, naproksen, kwas mefenamowy, diklofenak czy indometacyna ze ścieków syntetycznych z ponad 80-procentowym stopniem rozkładu. Wydajność aktywności dla Lac w usieciowanym kompleksie wynosiła 27,7%, dla VP – 38,9%, a dla GOD – 36,4%. Najwydajniej eliminowano acetaminofen, który w stężeniu 20 ng/l był usuwany za pomocą combi-CLEAs w 25%. Eliminacja tych związków ze środowiska jest możliwa dzięki właściwościom utleniającym używanych enzymów oraz wykorzystaniu w reakcji nadtlenu wodoru wymaganego podczas reakcji [Touahar i in. 2014].

W ściekach często wykrywane są endokrynnie dysruptory, których obecność wynika z przemysłowego użycia związków organicznych. Wykazana została zdolność biotransformacji tych ksenobiotyków za pomocą grzybów produkujących enzymy modyfikujące ligninę. W celu ochrony katalizatora przed denaturacją zastosowano metodę usieciowania enzymów CLEAs [Cabana i in. 2007]. Przy użyciu kompleksów enzymów z grupy pe-

roksydaz izolowanych z *Bjerkandera adusta* BOS55 (ATCC 90940) oraz produkcji nadtlenu wodoru powodującego intensyfikację procesu wyeliminowano ww. endokrynnne dysruptory ze ścieków przemysłowych [Taboada-Puig i in. 2011]. W badaniach Cabany i in. [2009] został opracowany bioreaktor z koszem perfuzyjnym służący do eliminacji EDCs (nonylofenolu, bisfenolu A i triklosanu) przy użyciu nierozpuszczalnej lakazy w postaci usieciowanych agregatów (CLEAs), uzyskując ich eliminację do 85%.

Wśród ksenobiotyków wymagających usunięcia ze środowiska wodnego są również barwniki antrachinowe stanowiące jedną z najważniejszych grup barwników syntetycznych. W pracy Bilala i in. [2017] przedstawiono wyniki biodegradacji barwników stosowanych w przemyśle tekstylnym (oranżu metylowego, Basic red 9, Indygo, Rhodamine B i Rhodamine 6G) w bioreaktorze z wykorzystaniem surowej peroksydazy chrzaniowej HRP pozyskanej z *Armoracia rusticana*, usieciowanej za pomocą glikolu etylenowego-bis (EG-NHS) w stężeniu 20–250 mM, wykazującego większą łagodność w porównaniu z aldehydem glutarowym. Stopień degradacji barwników po siedmiu półgodzinnych cyklach ciągle powtarzających się w reaktorze z biokatalizatorem wynosił 73–94%, przy czym oranż metylowy był usuwany najszybciej i najwydajniej. Po tym czasie kompleks HRP-CLEA także zachował 60% aktywności katalitycznej. To wykazuje potencjał, który wynika ze znacznej redukcji toksyczności barwników. Do podobnych wniosków doszli Kulkarni i in. [2020], stwierdzając możliwości rozkładu toksycznych barwników w ściekach z przemysłu tekstylnego (Brilliant Blue R, Direct Red 2B, Brilliant Blue GRL, Green HE4B, Red M5B, Blue 2RNL, Reactive Orange 3R, Yellow HE4G i Orange 2RX) do produktów o zmniejszonej fitotoksyczności i genotoksyczności. W badaniach tych użyto jednak agregatów usieciowanych enzymów peroksydaz manganozależnej (MnP) i ligninowej (LiP) CLEA-microcapsules pozyskanych z porostów *Dermatocarpon vellerecei*.

Wykorzystanie combi-CLEAs z użyciem przykładowo nierozpuszczalnej lakazy ma duży potencjał w zakresie biokonwersji substancji zanieczyszczających ścieki i mających negatywny wpływ na ludzkie zdrowie. Praktyczne wykorzystanie w eliminacji zanieczyszczeń ze ścieków może mieć opracowanie kombinowanych układów CLEA oraz enzymatycznego bioreaktora membranowego [Ba i in. 2013].

Podsumowanie

Prace nad CLEAs trwają od wielu lat i pomimo początkowo niezadowalających wyników aktualnie pojawiają się potencjalne możliwości komercjalizowania ich w bioremediacji środowiska naturalnego, bez występowania negatywnych skutków, poprzez usuwanie ksenobiotyków, głównie barwników przemysłowych, pestycydów, farmaceutyków oraz dysruptorów endokrynnnych. Tworzenie usieciowanych kompleksów enzymatycznych, pozyskiwanych z częściowo oczyszczonych enzymów wyizolowanych z hodowli drobnoustrojów, nie wymaga użycia drogich nośników, co jest jedną z głównych zalet tej metody. Imobilizacja enzymów wpływa na ich właściwości katalityczne oraz stabilność względem temperatury i pH oraz zwiększenie aktywności w obecności wysokich stężeń rozpuszczalników polarnych. Metoda CLEAs jest łatwym narzędziem umożliwiającym ponowne wykorzystywanie biokatalizatorów, może być też łatwo modyfikowana przez zastosowanie różnych odczynników strącających i/lub sieciujących.

Bibliografia

- Ba S., Arsenaault A., Hassani T., Jones J.P., Cabana H., 2013. Laccase immobilization and insolubilization: from fundamentals to applications for the elimination of emerging contaminants in wastewater treatment. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 33(4), 404–418, <https://doi.org/10.3109/07388551.2012.725390>
- Balcerzak W., Rezka P., 2014. Occurrence of anti-cancer drugs in the aquatic environment and efficiency of their removal – the selected issues. *Czas. Tech. Środ.*, 111, 11–18, <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.14.322.3410>
- Bilal M., Iqbal H.M.N., Hu H., Wang W., Zhang X., 2017. Development of horseradish peroxidase-based cross-linked enzyme aggregates and their environmental exploitation for bioremediation purposes. *J. Environ. Manage.*, 188, 137–143, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.015>
- Cabana H., Jones J.P., Agathos S.N., 2007. Elimination of endocrine disrupting chemicals using white rot fungi and their lignin modifying enzymes: a review. *Eng. Life Sci.*, 7, 429–456, <https://doi.org/10.1002/elsc.200700017>
- Cabana H., Jones J.P., Agathos S.N., 2009. Utilization of cross-linked laccase aggregates in a perfusion basket reactor for the continuous elimination of endocrine-disrupting chemicals. *Bio-technol. Bioeng.* 102, 1582–1592, <https://doi.org/10.1002/bit.22198>
- Cao L., Langen L, Sheldon R., 2003. Immobilised enzymes: carrier-bound or carrier-free? *Curr. Opin. Biotechnol.*, 14, 387–394, [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(03\)00096-X](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(03)00096-X)
- Celebi M., Kaya M.A., Altikatoglu M., Yildirim H., 2013. Enzymatic decolorization of anthraquinone and diazo dyes using horseradish peroxidase enzyme immobilized onto various polysulfone supports. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 171(3), 716–730, <https://doi.org/10.1007/s12010-013-0377-x>
- Falconer I.R., Chapman H.F., Moore M.R., Ranmuthugala G., 2006. Endocrine-disrupting compounds: a review of their challenge to sustainable and safe water supply and water reuse. *Environ. Toxicol.* 21, 181–191, <https://doi.org/10.1002/tox.20172>
- Kulkarni A.N., Kadam S.K., Jeon B.H., Govindwar S.P., 2020. Enhanced application of cross-linked enzyme aggregates of lichen *Dermatocarpon vellereceum* released extracellular enzymes for degradation of textile dyes. *Int. Biodeterior. Biodegradation*, 153, 105044, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101226>
- Mateo C., Chmura A., Rustler S., van Rantwijk F., Stolz A., Sheldon R. A., 2006. Synthesis of enantiomerically pure (S)-mandelic acid using an oxynitrilase–nitrilase bienzymatic cascade: a nitrilase surprisingly shows nitrile hydratase activity. *Tetrahedron Asym.*, 17(3), 320–323, <https://doi.org/10.1016/j.tetasy.2006.01.020>
- Rafatullah M., Othman S., Rokiah H., Anees A., 2010. Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: a review. *J. Hazard. Mater.*, 177(1–3), 70–80, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.12.047>
- Rehman R., Abbas A., Ayub A., Salman M., Mahmud T., Shafique U., 2011. Comparative study of Brilliant Green dye adsorption from water by radish peels, Jamun stem and coal. *Elec. J. Env. Agricult. Food Chem.*, 10(7).
- Salleh M.A.M., Mahmoud D.K., Ghani W.A.W.A.K., Azni I., 2011. Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review. *Desalination* 280(1–3), 1–13, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.07.019>
- Sheldon R.A., 2007. Enzyme immobilization: the quest for optimum performance. *Adv. Synth. Catal.*, 349(8–9), 1289–1307, <https://doi.org/10.1002/adsc.200700082>
- Sheldon R.A., 2011. Cross-linked enzyme aggregates as industrial biocatalysts. *Org. Process Res. Dev.*, 15(1), 213–223, <https://doi.org/10.1021/op100289f>
- Synowiecki J., Wołosowska S., 2007. Otrzymywanie i niektóre zastosowania unieruchomionych enzymów. *BioTechnol.*, 2(77), 7–26.

- Taboada-Puig R., Junghanns C., Demarche P., Moreira M.T., Feijoo G., Lema J.M., Agathos S.N., 2011. Combined cross-linked enzyme aggregates from versatile peroxidase and glucose oxidase: production, partial characterization and application for the elimination of endocrine disruptors. *Bioresour. Technol.* 102(11), 6593–6599, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.03.018>
- Touahar I.E., Haroune L., Ba S., Bellenger J.P., Cabana H., 2014. Characterization of combined cross-linked enzyme aggregates from laccase, versatile peroxidase and glucose oxidase, and their utilization for the elimination of pharmaceuticals. *Sci. Total. Environ.*, 481, 90–99, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.132>
- Velasco-Lozano S., López-Gallego F., Mateos-Díaz J., Mateos-Díaz E., 2015. Cross-linked enzyme aggregates (CLEA) in enzyme improvement – a review. *Biocatalysis* 1, 166–177, <https://doi.org/10.1515/boca-2015-0012>
- Verlicchi P., Al Aukidy M., Zambello E., 2012. Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment-a review. *Sci. Total Environ.*, 429, 123–155, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.04.028>
- Yamaguchi H., Kiyota Y., Miyazaki M., 2018. Techniques for preparation of cross-linked enzyme aggregates and their applications in bioconversions. *Catalysts*, 8(5), 174, <https://doi.org/10.3390/catal8050174>
- Zounková R., Odráška P., Doležalová L., Hilscherová K., Maršálek B., Bláha L., 2007. Ecotoxicity and genotoxicity assessment of cytostatic pharmaceuticals. *Environ. Toxicol. Chem.*, 26(10), 2208, <https://doi.org/10.1897/07-137r>

Wpływ kofeiny na wzrost i rozmnażanie bakterii

Effects of caffeine on bacteria growth and proliferation

Początki kawy – a dokładniej kawowca, z którego pozyskuje się owoce – sięgają starożytnej Etiopii. Czasy, gdy kawa była egzotyczną nowością, dawno minęły; szybko rozpowszechniła się ona na całym globie do tego stopnia, że obecnie trunek ten został okrzyknięty jednym z najpopularniejszych napojów na świecie. Co roku na całym świecie wypija się ok. 400 mld filiżanek tego napoju [NCA b.d.], a w sezonie 2020/2021 skonsurowano niemal 10 mld kg [Ridder 2022]. Najwięcej kawy piją Skandynawowie. Statystyczny mieszkaniec Finlandii spożywa rocznie aż 12 kg kawy, podczas gdy Polak zużywa średnio tylko 3 kg. Na drugim miejscu po Finlandii jest Norwegia (ok. 10 kg kawy na osobę), potem plasują się kolejno: Islandia, Dania, a pierwszą piątkę zamyka Holandia ze spożyciem ok. 8,5 kg kawy na mieszkańca [Kawa.pl b.d.].

Najważniejsze alkaloidy występujące w kawie to kofeina i trygonelina, decydują one o swoistym aromacie i pobudzającym działaniu na organizm. W zależności od źródła pochodzenia 1,3,7-trimetyloksantyna nazywana jest: kofeiną, mateiną, teiną oraz guaraniną. W swojej naturalnej postaci występuje powszechnie w kawie oraz herbacie, jest również dodawana do napoi gazowanych. Działa psychoaktywnie na człowieka poprzez pobudzenie organizmu oraz zmniejszenie uczucia senności i zmęczenia. Z przewodu pokarmowego wchłania się bardzo szybko do krwi, a maksymalne stężenie w osoczu osiąga po 30–75 minutach. Szybko przenika do narządów oraz tkanek i wykazuje silny wpływ na ośrodkowy układ nerwowy, a także korę mózgową [Kolińska i in. 2016]. Kofeina rozszerza naczynia mózgowe, dzięki czemu zwiększa się dopływ krwi do mózgu, oraz działa pobudzająco na ośrodkowy układ nerwowy. Poprawia koncentrację, sprawność myślenia i usuwa zmęczenie. Substancja ta działa również rozkurczowo na drogi oddechowe, a związki polifenolowe zawarte w kawie wykazują złożony wpływ biologiczny na organizm człowieka, m.in. działanie przeciwutleniające, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwzapalne [Żukiewicz-Sobczak i in. 2012]. Substancje czynne obecne w kawie ograniczają produkcję histaminy, co może neutralizować objawy alergii.

Kofeina znalazła zastosowanie w produkcji leków i coraz częściej, za sprawą opóźnienia procesów rozkładu witaminy C w skórze, jest składnikiem wzbogacającym kosmetyki mające działanie wygładzające. Kofeina zawarta w lekach ma właściwości pobudzające, a także wspomaga substancje lecznicze, zawierają ją również niektóre suplementy

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, SKN Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Higieny i Ochrony Środowiska, wiktoria.polit@o2.pl

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

diety. Ponadto wspomaga działanie paracetamolu i dlatego wykorzystuje się ją jako dodatek przy produkcji niektórych leków przeciwbólowych [Dąbrowska i in. 2010].

Temat kawy zawsze był kontrowersyjny, głównie w kontekście jej oddziaływania na zdrowie, zwłaszcza w odniesieniu do chorób sercowo-naczyniowych. Okazuje się, że wpływ kofeiny zawartej w kawie na organizm zależy od tego, jak ten radzi sobie z przemianą materii. Kofeina jest przetwarzana głównie przez cytochrom P450 – enzym wytwarzany przez wątrobę. Tempo tego procesu zależy od wariantu genu *CYP1A2*, który koduje wspomniany enzym. [Amplicon b.d.]. Wariant pierwszy objawia się wolniejszym metabolizmem kofeiny, dzięki czemu jej pobudzające właściwości są dłużej odczuwane, jednak powiązane jest z nim również większe ryzyko chorób serca w wyniku spożywania kawy. Przy wypijaniu 2–3 filiżanek kawy dziennie odnotowano wzrost ryzyka zawału serca o 36%. U osób posiadających wariant „szybki” genu *CYP1A2* wykazano, że spożycie kawy daje efekty prozdrowotne i zmniejsza ryzyko zawału serca. Objawy, takie jak problemy z zaśnięciem, nadmierne pobudzenie czy bóle głowy, mogą wskazywać na wolny metabolizm kofeiny, czyli kumulowanie się jej w organizmie.

Okres półtrwania kofeiny – w którym stężenie substancji w osoczu ulega obniżeniu do połowy pierwotnej wartości – zależy od czynników osobniczych, takich jak wiek, stan wątroby, okres ciąży u kobiet, jednoczesne przyjmowanie kilku leków oraz aktualny poziom enzymów wątrobowych potrzebnych do przetworzenia kofeiny. U zdrowych dorosłych przyjmuje się wartość ok. 4,9 godziny. U kobiet przyjmujących doustne środki antykoncepcji zakres zwiększa się do 5–10 godzin [Meyer i in. 1991], a u ciężarnych trwa nawet 9–11 godzin. W przypadku pacjentów z chorobami wątroby o ostrym przebiegu kofeina może gromadzić się w organizmie, zwiększając tym samym okres półtrwania do 96 godzin. U niemowląt i dzieci okres półtrwania jest dłuższy niż u dorosłych.

Z drugiej strony istnieją czynniki skracające czas potrzebny na metabolizm kawy, a jednym z nich jest palenie wyrobów tytoniowych. Sama kofeina poprzez system oksydazy cytochromowej P450 jest metabolizowana w wątrobie. Kofeina przedostaje się do środowiska na skutek spożywania dużej ilości kawy, herbaty oraz wzbogaconych w nią napojów. Jak nadmieniono powyżej, jest ona także coraz częściej dodawana do produktów medycznych i kosmetycznych, co stanowi kolejny sposób przedostawania się jej do środowiska. Na przestrzeni ostatnich lat zwrócono uwagę na występowanie kofeiny w środowisku wodnym, ponieważ prowadzi ona do zanieczyszczenia wód kontynentalnych. Mimo że organizm człowieka dobrze metabolizuje kofeinę, to z moczem do ścieków zostaje wydalone 0,5–10%. Z gospodarstw domowych kofeina może się bezpośrednio przedostawać do kanalizacji w wyniku wyrzucania różnych napojów, fusów z kawy oraz zmywania kosmetyków zawierających ten dodatek [Cunha i in. 2005]. Kofeina jest obecna w wodach powierzchniowych, a także głębinowych, w szczególności przy siedziach ludzkich na całym świecie. Pomiary wody przeprowadzane w 2007 roku, polegające na pobraniu 52 prób z wody Dunaju oraz 50 prób z jego dopływów, wykazały obecność kofeiny. Jej średnie stężenie w Dunaju wynosiło 137 ng/l, a w jego dopływach – 406 ng/l. Maksymalna ilość kofeiny w wodach Dunaju to 1467 ng/l, w jego dorzeczu – 6798 ng/l. W latach 1999–2001 w rzece Lippe, która jest dopływem Renu, również stwierdzono obecność kofeiny, której zakres ilościowy wahał się w granicach 10–420 ng/l. W wodach Sekwany w 2002 roku przeprowadzono czterokrotne badania u jej ujścia i wykryto kofeinę w granicach 3,2–186,9 ng/l [Dąbrowska i in. 2011].

W szereg przybrzeżnych przesmyków w północno-zachodniej Hiszpanii stwierdzono, że kofeina występuje w takich ilościach, które z wysokim prawdopodobieństwem mogą szkodzić środowisku wodnemu [Dafouz i in. 2018]. Zawartość kofeiny w wodzie

wpływa negatywnie na organizmy wodne, co jest spowodowane jej właściwościami pobudzającymi oraz bakteriobójczymi, które mogą powodować zachwianie równowagi mikrobiologicznej w środowisku wodnym [Poszwa 2021a]. Jest ona klasyfikowana jako mikrozanieczyszczenie antropogeniczne wód, które powinno być pod stałą obserwacją ze względu na właściwości uzależniające, np. u bakterii *Pseudomonas putida* CBB5, która ma zdolność do asymilowania kofeiny [Technauka 2013, Poszwa 2021b].

Celem niniejszej pracy jest przybliżenie tematu wpływu kofeiny na bakterie w związku z pojawieniem się w ostatnich latach pomysłu dotyczącego wykorzystania fusów z kawy jako zamiennika soli drogowej używanej jako środek do rozmrażania dróg i chodników. Obecność kofeiny w ekosystemach naturalnych, zarówno wodnych, jak i lądowych, jest wysoka z powodu odpadów pokonsumpcyjnych. Stosowanie fusów z kawy zwiększyłoby jej stężenie w środowisku miejskim. Wykorzystanie takiego zamiennika mogłoby mieć negatywny wpływ na wzrost roślin za sprawą obecnych w nim elementów: kofeiny, garbników oraz polifenoli, które mają działanie fitotoksyczne. Kofeina ma również alleopatyczne właściwości w stosunku do nasion i siewek – hamuje ich kiełkowanie, wzrost i rozwój [Józefowicz 2021]. Zbyt duże stężenie tych związków mogłoby powodować uszkodzenie organizmów roślinnych. Aby ograniczyć negatywne działanie związków zawartych w kawie, należałoby zastosować fusy, które zostały poddane procesom występującym podczas kompostowania [Poszwa 2021b].

Kawa za sprawą kofeiny ma właściwości grzybobójcze oraz bakteriobójcze, co może negatywnie wpływać na mikroflorę gleby. Zaledwie 0,5–1 g/l kawy w roztworze wodnym blokuje wzrost drożdży oraz bakterii. Fusy z kawy powodują wzrost śmiertelności dżdżownic za sprawą obecności toksycznych dla nich substancji [Poszwa 2021a].

Stosowanie fusów z kawy może negatywnie wpływać na zwierzęta, ponieważ w porównaniu z ludzkim organizmem wykazują one większą wrażliwość na ten alkaloid purynowy. W małych ilościach kofeina u psów i kotów powoduje nadpobudliwość i niepokój, natomiast śmiertelna dawka wynosi 150 mg/kg masy ciała, prowadząc do nagłego wzrostu ciśnienia krwi oraz groźnej arytmii serca, wpływając również na układ nerwowy [Parchimowicz 2020].

Kofeinę można wykryć w wielu gatunkach roślin, gdzie pełni rolę naturalnego pestycydu. Najwięcej tej substancji występuje w siewkach oraz młodych liściach, działa ona paraliżująco i zabójczo na owady [Wikipedia 2022]. W populacjach muchówek oraz u motyli nocnych kofeina powoduje wzrost śmiertelności, w przypadku korników zaburza rozmnażanie i opóźnia rozwój, tak samo negatywnie wpływa na komary i muchy [Deraiak i Slaney 2005]. Pszczoły podczas zapylania kwiatów preferują i lepiej zapamiętują rośliny zawierające nektar, w którego skład wchodzi kofeina [zan/agt 2013].

Czynnikiem mającym największe znaczenie dla różnic w wynikach przytoczonych poniżej badań zdaje się być użyte stężenie kofeiny, choć nie bez znaczenia pozostają różnice gatunkowe w tolerancji tego związku. Podczas gdy pionierzy badań nad wpływem kofeiny na mikroorganizmy – Raj i Dhala [1965], zastosowali stężenie ok. 25 mM, które zahamowało rozwój wielu różnych bakterii środowiskowych i chorobotwórczych, ich następcy stosowali dużo mniejsze stężenia. Kawa parzona zawiera średnio ok. 37 mg kofeiny na 100 ml [Agricultural Research Service 2019], czyli 0,19 mM. W przytoczonej poniżej literaturze najniższe stężenia hamujące wzrost mikroorganizmów są znacznie wyższe. Potwierdzono brak wpływu małych stężeń kofeiny – poniżej 2 mM, wobec bakterii tworzących mikrobiotę jamy ustnej oraz biofilm nazębny, tj. *Streptococcus oralis*, *Streptococcus gordonii*, *Streptococcus mitis*, *Actinomyces naeslundii*, *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis*, *Propionibacterium acnes* [Cogo i in. 2008].

Właściwości antybakteryjne kofeiny wykazano jednak w stosunku do bakterii *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* i *Pseudomonas aeruginosa*, które są popularnymi patogenami ludzi, a także *Escherichia coli*, *Streptococcus oralis* i *Propionibacterium acnes*, będących składnikami naturalnej ludzkiej mikroflory, oraz bakterii środowiskowych, takich jak *Pseudomonas fluorescens* i *Bacillus subtilis* [Raj i Dhala 1965, Ramanaviciene i in. 2003, Cogo i in. 2008, Mohammed i Al-Bayati 2009].

Stężenie 1% kofeiny, tj. około 50 mM, w podłożu wyraźnie ograniczało wzrost *E. coli* i *P. fluorescens*, przy czym *E. coli* wykazywała stopniowo coraz słabszy wzrost już przy stężeniu 0,1% i kolejnych, podczas gdy wzrost *P. fluorescens* wyraźnie ograniczyło dopiero stężenie na poziomie 1% [Ramanaviciene i in. 2003]. Według badań Gaula i Donegana [2015] wzrost *E. coli* zaczynała hamować stężenie kofeiny wynoszące 5,3 mM.

Sledz i in. [2015] z kolei wykazali negatywny wpływ kofeiny na *Ralstonia solanacearum*, *Dickeya solani*, *Pectobacterium atrosepticum*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Pseudomonas syringae* pv., *Xanthomonas campestris* pv. i *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, które to bakterie należą do najczęstszych patogenów roślin. W przypadku *Pseudomonas syringae* już stężenie 5 mM hamowało jej wzrost, pozostałe bakterie tolerowały wyższe stężenia, a największą odporność wykazywała *R. solanacearum*, dla której minimalne stężenie hamujące (MIC, ang. *minimum inhibitory concentration*) wynosiło 20 mM. Dla części bakterii już podawanie 5 mM kofeiny przez 90 minut powodowało zahamowanie replikacji DNA. Obserwowano również zmianę morfologii bakterii.

Gaul i Donegan [2015] wykazali wysoką wrażliwość *Caulobacter crescentus*, bakterii charakterystycznej dla środowisk wodnych, na kofeinę – już stężenie 0,331 mM miało statystycznie istotny wpływ na tempo rozmnażania i ogólną ilość namnożonych bakterii. Z kolei dla *Proteus mirabilis* dopiero stężenie 2,65 mM wykazało niewielki statystycznie wpływ na ograniczenie wzrostu tej bakterii. Potwierdza to wcześniejsze stwierdzenia o różnicach gatunkowych w reakcji na takie same stężenia kofeiny [Rocha i in. 2001].

Według Kim i Sano [2008] już 2 mM kofeiny wystarczały do zahamowania wzrostu *P. syringae* pv. *Glycinea*, podczas gdy *P. syringae* pv. *tomato* tolerowała stężenia do 5 mM, które hamowały jej wzrost [Sledz i in. 2015]. Wskazuje to na duże zróżnicowanie odporności na kofeinę nawet w obrębie tego samego gatunku. Wykazano również, że gatunki *P. aeruginosa* i *P. putida* potrafią metabolizować kofeinę oraz używać związków jej rozpadu jako surowców odżywczych, dzięki czemu na podłożach z dodatkiem kofeiny nawet w dużych stężeniach rosną szybciej [Dash i in. 2008, Gibson i in. 2012, Summers i in. 2012]. Zdolność do degradacji kofeiny potwierdzono również dla *Pseudomonas monteilii* [Arimurti i in. 2018].

Do wpływu na środowisko stosowania fusów po kawie na krakowskich plantach odniósł się Kempf [2021], wykazując, że ilość enzymów glebowych wytwarzanych przez drobnoustroje rosła wraz ze wzrostem proporcji fusów kawowych w stosunku do gleby, co dowodzi pozytywnego wpływu fusów kawowych na mikroorganizmy glebowe. Nie stanowi to zaskoczenia z uwagi na to, że do tej pory wyizolowano 37 szczepów bakterii zdolnych do degradacji kofeiny, z których większość to *Pseudomonas* [Summers i in. 2015].

Podsumowując, dane literaturowe wskazują, że stężenie kofeiny ma kluczowe znaczenie, jeśli chodzi o jej wpływ na poszczególne mikroorganizmy. Substancja ta ma liczne bioaktywne właściwości, dlatego powinna być przedmiotem stałego monitoringu

stężeń w środowisku i oddziaływania na bioty, szczególnie w roztworach wodnych. Chociaż stosowanie fusów z kawy zamiast soli wydaje się nowatorskim i potencjalnie korzystnym dla środowiska pomysłem, wymaga to głębszego przemyślenia ze względu na potencjalnie toksyczny wpływ zawartej w nich kofeiny na mikroorganizmy glebowe i wodne.

Bibliografia

- Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture, 2019. Beverages, coffee, brewed, breakfast blend, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171881/nutrients> [dostęp: 4.04.2022].
- Amplicon, (b.d.). Badanie predyspozycji genetycznych: metabolizm kofeiny. <https://www.amplicon.pl/metabolizm-kofeiny/> [dostęp: 04.04.2022].
- Arimurti S., Ardyati T., Nurani Y., Siswoyo T.A., Suharjo S., 2018. Degradation of caffeine by *Pseudomonas monteilii* KRM9. *Malaysian J. Microbiol.*, 14(1), 55–60, <http://dx.doi.org/10.21161/mjm.110217>
- Cogo K., Montan M.F., Bergamaschi C.de C., Andrade E.D., Rosalen P.L., Groppo F.C., 2008. In vitro evaluation of the effect of nicotine, cotinine and caffeine on oral microorganisms. *Can. J. Microbiol.*, 54, 501–508, <https://doi.org/10.1139/w08-032>
- Dafouz R., Cáceres N., Rodríguez-Gil J.L., Mastroianni N., López de Alda M., Barceló D., Valcárcel Y., 2018. Does the presence of caffeine in the marine environment represent an environmental. *Sci. Total Environ.*, 615, 632–642.
- Dash S.S., Gummadi, S.N., 2008. Inhibitory effect of caffeine on growth of various bacterial strains. *Res. J. Microbiol.* 3(6), 457–465.
- Dąbrowska B., Jagoda A., Żukowski W., 2010. Kofeina jako wskaźnik antropogenicznego zanieczyszczenia środowiska – metody oznaczania. V Krakowska Konferencja Młodych Uczonych, Kraków, 255–263.
- Dąbrowska B., Jagoda A., Żukowski W., 2011. Kofeina w rzekach Krakowa. *Czas. Tech. Środ.* 108(2), 99–108.
- Derraik J.G., Slaney D., 2005. The toxicity of used coffee grounds to the larvae of *Ochlerotatus (Finlaya) notoscriptus* (Skuse) (Diptera: Culicidae). *Ann. Med. Entomol.* 14, 14–24.
- Ferreira A.P., da Cunha C.de L., 2005. Anthropogenic pollution in aquatic environment: Development of a caffeine indicator. *Int. J. Environ. Health Res.*, 15(4), 303–311.
- Gaul J., Donegan K., 2015. Caffeine and its effect on bacteria growth. *J. Biol. Sci.*, 1, 4–8.
- Gibson A.M., Morgan R.M., Nikitin A.G., 2009. The effect of caffeine on the bacterial populations in a freshwater aquarium system. *Student Summer Schol.*, 31.
- Józefowicz K., 2021. Fusy z kawy dla roślin. Jak i do czego je stosować, a na co uważać. <http://www.e-ogrodek.pl/a/fusy-z-kawy-dla-roslin-jak-i-do-czego-je-stosowac-a-na-co-uwazac-20588.html> [dostęp: 3.04.2022].
- Kawa.pl, (b.d.). Kraje spożywające największą ilość kawy na świecie. <https://kawa.pl/artykuly/kraje-spozywajace-najwieksza-ilosc-kawy-na-swiecie> [dostęp: 3.04.2022].
- Kempf P., 2021. Fusy z kawy jako alternatywa do stosowania soli w przestrzeni miejskiej Krakowa. W: Antropogeniczne przekształcenia środowiska glebowego – zasolenie gleby. I Konferencja on-line, 14.12.2021.
- Kim Y.S., Sano H., 2008. Pathogen resistance of transgenic tobacco plants producing caffeine. *Phytochem.*, 69(4), 882–888, <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.10.021>
- Kolińska A., Marciniak P., Adamski Z., Rosiński G., 2016. Alkaloidy – naturalne substancje kardioaktywne. *Kosmos Probl. Nauk Biol.*, 65(2), 247–256.
- Meyer F.P., Canzler E., Giers H., Walther H., 1991. [Time course of inhibition of caffeine elimination in response to the oral depot contraceptive agent Deposiston. Hormonal contraceptives and caffeine elimination]. *Zentralbl. Gynakol.*, 113 (6), 297–302 [in German].

- Mohammed M.J., Al-Bayati F.A., 2009. Isolation, identification and purification of caffeine from *Coffea arabica* L. and *Camellia sinensis* L.: A combination antibacterial study. *Int. J. Green Pharm.*, 3, 52–57. <https://doi.org/10.4103/0973-8258.49375>
- National Coffee Association (NCA), (b.d.). The history of coffee, <https://www.ncausa.org/About-Coffee/History-of-Coffee> [dostęp: 3.04.2022].
- Parchimowicz N., 2020. Twój kot podpija ci poranną kawę? Nie pozwalaj mu na to!, <https://www.koty.pl/kot-pije-kawe-uwazaj/> [dostęp: 3.04.2022].
- Poszwa P., 2021a. Dlaczego fusy z kawy do odśnieżania to zły pomysł?, <https://eko-logicznie.com/fakty-i-mity/dlaczego-fusy-z-kawy-do-odsniezania-to-zly-pomysl> [dostęp: 3.04.2022].
- Poszwa P., 2021b. Fusy z kawy zamiast soli i piasku – opinie naukowców. <https://eko-logicznie.com/fakty-i-mity/fusy-z-kawy-zamiast-soli-i-piasku-opinie-naukowcow> [dostęp: 3.04.2022].
- Raj C.V.S., Dhala S., 1965. Effect of naturally occurring xanthines on bacteria. I. Antimicrobial action and potentiating effect on antibiotic spectra. *Appl. Microbiol.*, 13(3), 432–436.
- Ramanaviciene A., Mostovojus V., Bachmatova I., Ramanavicius A., 2003. Anti-bacterial effect of caffeine on *Escherichia coli* and *Pseudomonas fluorescens*. *Acta Med. Lit.*, 10, 185–188.
- Ridder M., 2022. Global coffee consumption 2012/13-2020/21, <https://www.statista.com/statistics/292595/global-coffee-consumption/> [dostęp: 03.04.2022].
- Rocha G.M., Michea L.F., Peters E.M., Kirby M., Xu Y., Ferguson D.R., Burg M.B., 2001. Direct toxicity of nonsteroidal anti-inflammatory drugs for renal medullary cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 98, 5317–5322.
- Sledz W., Los E., Paczek A., Rischka J., Motyka A., Zoledowska S., Piosik J., Lojkowska E., 2015. Antibacterial activity of caffeine against plant pathogenic bacteria. *Acta Biochim. Polon.*, 62(3), 605–612.
- Summers R.M., Louie T.M., Yu C.L., Gakhar L., Louie K.C., Subramanian M., 2012. Novel, highly specific N-demethylases enable bacteria to live on caffeine and related purine alkaloids. *J. Bacteriol.*, 194(8), 2041–2049, <http://doi.org/10.1128/JB.06637-11>
- Summers R.M., Mohanty S.K., Gopishetty S., Subramanian M., 2015. Genetic characterization of caffeine degradation by bacteria and its potential applications. *Microb. Biotechnol.*, 8(3), 369–378, <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12262>
- Wikipedia, 2022. Kofeina, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Kofeina> [dostęp: 3.04.2022].
- zan/agt, 2013. Kofeina pomaga pszczołom pamiętać kwiaty, <https://naukawpolsce.pl/aktualnosci/news%2C394451%2Ckofeina-pomaga-pszczolom-pamietac-kwiaty.html> [dostęp: 3.04.2022].
- Żukiewicz-Sobczak W., Krasowska P., Sobczak A., Horoch A., Wojtyła A., Piątek J., 2012. Wpływ spożycia kawy na organizm człowieka. *Med. Ogóln. Nauki Zdr.*, 18(1), 71–76.

Wpływ lisa pospolitego (*Vulpes vulpes*) na środowisko

The influence of the red fox (*Vulpes vulpes*) on the environment

Charakterystyka gatunku

Lis pospolity, zwany potocznie lisek rudym, jest drapieżnikiem należącym do rodziny psowatych (Canidae). Osobniki tego gatunku charakteryzują się wydłużonym tułowiem, głową o ostro zakończonym pysku i trójkątnych uszach. Mają krótkie łapy przednie pięcio- i tylne sześciopalczaste. Ciała dorosłych osobników mają przeciętnie wysokość 35–50 cm, długość 49–90 cm i wagę 2,2–10 kg. Lisy są pokryte rudą sierścią z różnymi odcieniami, jedynie okolice brzucha i końcówka ogona są białe, a dolna część kończyn i uszy – czarne [Serafiński 1928]. Lis pospolity jako gatunek występuje w Azji, Ameryce Północnej, Afryce, Europie i Australii. Jego terytorium łowieckie mieści się na powierzchni 60–160 ha.

Dane o zagęszczeniu lisa w Polsce w latach 70. i 80. ubiegłego wieku wskazują, że populacja wynosiła ok. 50 000 osobników [Kamieniarz i Panek 2008, Panek i Zalewski 2018]. Natomiast badania z przełomu lat 2006/2007, przeprowadzone przez Stację Badawczą Polskiego Związku Łowieckiego w Czempiniu, wykazały liczebność populacji lisów na blisko 200 000 osobników; stan ten utrzymywał się na podobnym poziomie mniej więcej do przełomu lat 2017/2018. Jest to nagły czterokrotny wzrost na przestrzeni 15–20 lat. Za główną przyczynę tego zjawiska uznaje się wprowadzenie szczepień przeciwko wściekliznie, co ograniczyło znacząco śmiertelność spowodowaną tą chorobą. Akcję szczepień zainicjowano w 1993 roku na zachodzie kraju, wschodnią Polskę objęto nimi dopiero od 2002 roku. Jednak szczepienia z pewnością nie były jedynym czynnikiem sprzyjającym zwiększeniu populacji lisa. Mogło to być także związane z coraz intensywniejszym zasiedlaniem przez ten gatunek otwartego krajobrazu rolniczego oraz terenów zurbanizowanych. Przyczyną tego skokowego wzrostu był również spadek zainteresowania skórami naturalnymi i mniejsza presja myśliwska na ten gatunek.

Lis pospolity należy do zwierząt oportunistycznych, w Polsce zasiedla każde z siedlisk w środowisku naturalnym. Biotopem lisa są tereny granic leśno-polnych, łąki, parki, a nawet cmentarze i tereny miejskie. Gatunek ten żyje w parach lub grupach socjalnych, prowadząc głównie nocny tryb życia [Nasimovic 1948]. Lis jako typowy oportunista zaczął zasiedlać nowe tereny i wykorzystywać pokarm pochodzący od człowieka, resztki poubojowe zwierząt gospodarskich, różne odpadki, a nawet padlinę [Panek i Bresiński 2002, Panek i Budny 2017]. Dietę lisa w naturalnych warunkach stanowią głównie drobne

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Studenckie Koło Naukowe Zwierząt Łownych i Wolno Żyjących

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia, zbigniew.belkot@up.lublin.pl

gryzonie, ptaki, owady i owoce [Kruuk 1986], poluje on również na zające i drób domowy. Potrzeby energetyczne zwierzęcia zależą zarówno od wielkości ciała, jak i wieku [Lockie 1959]. Lisy najczęściej polują samotnie, większość sposobów polowań tych zwierząt nie wymaga współdziałania z innymi osobnikami [Tembrock 1963, Goszczyński i Wasilewski 1992, Okarma i Tomek 2008].

Biologia i rozród lisów

Bezpośredni wpływ na sezonową aktywność płciową lisa pospolitego (*Vulpes vulpes*) ma fotoperiodyzm, czyli fizjologiczna reakcja organizmu na zmianę proporcji okresów ciemności i światła w rytmie dobowym powiązana z działaniem tzw. zegara biologicznego. Kolejnym bodźcem mającym istotny aspekt na rozród lisów jest tzw. ciąża rzekoma, inaczej nazywana urojoną lub pozorną. Zjawisko to powszechnie występuje u samic niezaplodnionych, ale również może pojawić się u lisic pokrytych przez samca i przyczynić się do obumierania zarodków we wczesnym stadium rozwoju. Pełną dojrzałość płciową lis osiąga po 10 miesiącach, natomiast zdolność do rozrodu utrzymuje się do 6.–7. roku życia. Po przekroczeniu wieku 7 lat obserwuje się zanik cech reprodukcyjnych aż do pozbawienia całkowitej zdolności rozrodczej w wieku pomiędzy 12. a 15. rokiem życia zwierzęcia [Mistrzak i Janicki 2009]. Ciąża u lisa trwa 50–52 dni, samica wyprowadza zazwyczaj jeden miot rocznie [Farstad 1998]. Liczba młodych w miocie waha się od 3 do 8 młodych, wyjątkowo jest ich więcej. Przed porodem samica przygotowuje kilka nor – w jednej rodzi młode, a pozostałe służą jej dopiero wtedy, gdy szczenięta podrosną. Młode lisy (niedoliski) mają futro z początku szarobure, wełniste, z jaśniejszym pasmem poprzecznym na czole i białą plamką na gardle. Dopiero po 6 tygodniach zmieniają włos na charakterystyczny dla osobników dorosłych. Lisica opiekuje się młodymi również poza norą do momentu, gdy będą gotowe do samodzielnego życia w wieku 6 miesięcy [Kowalska i Piórkowska 2014].

Choroby lisów

W związku ze stałym utrzymywaniem się liczebności populacji lisa na poziomie 200 000 sztuk oraz wzmożoną tendencją do zasiedlenia terenów antropogenicznych, podmiejskich i miejskich lis rudy stał się poważnym zagrożeniem epizootycznym w przenoszeniu różnych chorób na człowieka i zwierzęta towarzyszące.

Jednym z najgroźniejszych pasożytów zoonotycznych jest *Echinococcus multilocularis* (tasiemiec bąblowcowy), który w formie dojrzałej pasożytuje u zwierząt mięsożernych w przewodzie pokarmowym, np. lisa, a gryzonie są jego żywicielem pośrednim, natomiast człowiek może być żywicielem przypadkowym tego pasożyta powodującego zmiany w różnych narządach. Został on po raz pierwszy wykryty w Polsce u lisów w 1994 roku, a obecnie notuje się wzrost częstości występowania tego pasożyta, szczególnie we wschodniej i południowej Polsce, gdzie prewalencja sięga nawet 50% [Śmietanka 2016]. Wywołuje on alweolarną echinokokozę, która może być chorobą śmiertelną, o powolnym przebiegu [Małaczewski i Gawor 2004]. U ludzi larwy pasożyta atakują przeważnie wątrobę (99% przypadków), w mniejszym stopniu płuca oraz mózg, gdzie rozrastają się w formie małych pęcherzyków wypełnionych płynem [Gawor i in. 2004,

Gottstein i Hemphill 2008]. Przypomina to zmiany nowotworowe z uwagi na naciekowy charakter rozrostu oraz możliwość dawania przerzutów drogą krwi lub chłonki [Furmaga 1983, Kadłubowski 1972]. Objawy kliniczne mogą pojawiać się dopiero po 10–15 latach. W Europie chorobę zdiagnozowano dotychczas u ponad 500 osób, a rocznie stwierdza się średnio jeden nowy przypadek na 100 000 osób [Malaczewski i Gawor 2004].

Kolejnym często występującym u lisów pasożytem jest *Toxocara canis* (glista psia), będąca również zagrożeniem zoonotycznym – występuje w postaci ocznej, trzewnej i mózgowej. Wolno żyjące lisy zanieczyszczają środowisko bytowania jajami pasożyta. Zwierzęta towarzyszące są narażone na kontakt bezpośredni i pośredni z zarażonymi lisami i środowiskiem bytowania, zwiększając ryzyko zakażenia toksokarozą również człowieka [Świątalska 2015].

Lisy odgrywają też dużą rolę w rozprzestrzenianiu się chorób wirusowych. Do najważniejszych zalicza się wściekliznę spowodowaną przez wirusa z rodzaju *Lyssavirus*. Lisy stanowią główny rezerwuuar tej choroby. Wścieklizna stanowi jedną z najbardziej niebezpiecznych zoonoz dla człowieka. U lisów z szalową postacią wścieklizny dochodzi do utraty wrodzonego lęku przed człowiekiem, która poprzedza konwulsje, porażenia i śmierć zwierzęcia [Webster 2007]. Duża agresja przejawia się atakami na zwierzęta dzikie, gospodarskie i ludzi, podczas których dochodzi do zarażenia kolejnych osobników poprzez wprowadzenie wirusa do rany wraz ze śliną. Od połowy ubiegłego wieku stosowane są zabiegi mające na celu zmniejszenie ryzyka wystąpienia choroby [Smreczak 2003]. Od 1993 roku wprowadzono w Polsce program alimentarnego szczepienia lisów przeciwko wściekliznie. W przeprowadzanych badaniach dotyczących efektywności alimentarnej immunizacji lisów stwierdzono na przestrzeni lat spory spadek zachorowalności i dużą skuteczność szczepień [Flis i in. 2018]. Wolno wychodzące koty są szczególnie narażone na zakażenia wirusem, ponieważ mogą mieć bezpośredni kontakt z lisami bez względu na to, czy zamieszkują wsie, czy miasta. W Polsce nie były one objęte programem szczepień obowiązkowych. W związku z odnotowaniem na przestrzeni ostatnich dwóch lat przypadków zarażeń wścieklizną u zwierząt domowych od 2021 roku w niektórych regionach Polski został wprowadzony obowiązek szczepienia również kotów [Dz. Urz. Woj. 2021.12651].

Adaptacja lisa do środowiska naturalnego

Lis pospolity jest zwierzęciem, które wyjątkowo szybko adaptuje się do podlegających zmianom warunków środowiska. W Australii – nie będąc gatunkiem rodzimym – został wprowadzony przez człowieka w połowie XIX wieku i bardzo szybko dostosował się do tamtejszych terenów. Po wprowadzeniu do ekosystemu lis bardzo szybko się rozmnożył i stał jednym z groźniejszych drapieżników dla tamtejszych małych ssaków czy ptaków [Carthey i in. 2020]. Wśród zagrożonych gatunków znalazły się: szcureczek namorzynowy (*Xeromys myoides*), lotołapanka pośrednia (*Petaurus australis*), kanguruszczur długonogi (*Potorous longipes*), skakuszka ciemna (*Notomys fucus*), pseudomysz malutka (*Pseudomys novaehollandiae*) [Stobo-Wilson i in. 2021].

Obserwacje wskazują, że coraz częściej można zauważyć lisa zarówno w pobliżu miast, jak również w ich okolicach. Badania przeprowadzane na terenie Warszawy w latach 1976–2019 wykazały, że populacja lisa wzrosła w tym czasie kilkakrotnie. Siedliska

miejskie są łatwo dostępne dla tych zwierząt, a po kilkudziesięciu latach kolonizacji terenów Warszawy tylko nieliczne tereny zielone nie zostały przez lisy zaadaptowane [Jakowski i in. 2021]. Istnieje wiele czynników powodujących przemieszczanie się lisów do miast i zasiedlanie ich na stałe, m.in. wzrost występowania szakala złocistego (*Canis aureus*) i kolonizację przez niego nowych terenów, co wiąże się z konkurencją o pożywienie i terytorium [Miller 2018]. Aktywność lisów w mieście jest związana zarówno z zagrożeniem epizootycznym dla ludzi i zwierząt domowych, jak i z niebezpieczeństwem dotyczącym ataków na koty wolno żyjące i wychodzące [Plumer i in. 2014].

Wzrastająca populacja lisów powoduje ponadto widoczny regres populacji zajęcy, kuropatw i wielu ptaków gniazdujących na ziemi [Miller 2018]. Problem ten stał się szczególnie zauważalny w Polsce po wprowadzeniu obowiązkowych szczepień lisów przeciwko wściekliznie. Spowodowało to skokowy wzrost populacji lisa i gwałtowny spadek zwierzyny drobnej łownej i chronionej, w szczególności gnieźdzącej się na ziemi.

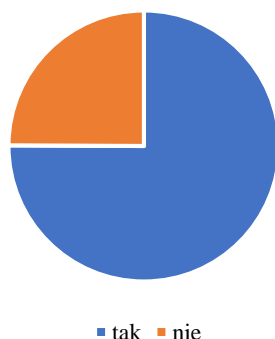
Hodowla futerkowa lisów

Lis pospolity jest utrzymywany także w warunkach fermowych przez człowieka i użytkowany w celach futrzarskich. Hodowle zwierząt futerkowych wpływają istotnie na środowisko przyrodnicze. Każdego roku na fermach mięsożernych zwierząt futerkowych w sposób naturalny na karmę dla zwierząt zagospodarowywanych jest ponad 400 000 ton ubocznych produktów pochodzenia zwierzęcego, które w przeciwnym wypadku musiałyby zostać poddane energochłonnej i nieekologicznej utylizacji [PZHiPZF b.d.]. Ponadto sama produkcja skór pochodzenia naturalnego jest dużo bardziej ekologiczna niż produkcja skór pochodzenia syntetycznego, ponieważ składa się głównie z białek, które rozkładają się w prosty sposób w środowisku naturalnym, a utylizacja przebiega bez emisji szkodliwych związków chemicznych [Michalak i Cholewińska 2018]. W dalszym ciągu jednak produkcja kilograma futra wiąże się z emisją około 110 kg dwutlenku węgla [Orzeł 2019]. Hodowla zwierząt wiąże się również z wytwarzaniem dużej ilości związków organicznych, takich jak mocz, kał, które wykorzystuje się wtórnie jako nawóz naturalny, zastępując nawozy sztuczne, których produkcja wymaga dużego nakładu energii. Należy jednak wziąć pod uwagę to, że hodowla zwierząt futerkowych wiąże się z emisją tlenów azotu, tlenków siarki i gazów cieplarnianych, które przyczyniają się do tworzenia kwaśnych deszczy [Orzeł 2019]. Z kolei w materiale biologicznym mogą występować jaja pasożytów oraz drobnoustroje chorobotwórcze [Nowakowicz-Dębek i in. 2001], będące nierzadko przyczyną inwazji nie tylko u zwierząt towarzyszących, ale też u ludzi. Następnym ważnym aspektem wiążącym się z oddziaływaniem hodowli lisów na środowisko jest podwyższona obecność much w okolicy ferm, uciążliwość zapachowa oraz ryzyko skażenia wód gruntowych i zbiorników wodnych [Orzeł 2019].

Badanie ankietowe na temat wpływu lisa na przydomowe hodowle drobiu

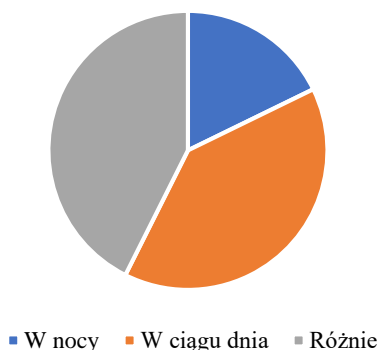
Działanie tego drapieżnika wiąże się też z istotnym wpływem na hodowlę przydomową drobiu. Często ten problem małych ferm i prywatnych gospodarstw przydomowych, utrzymujących drób na własny użytek, jest bagatelizowany pomimo wysokich strat i powtarzających się ataków. W celu zweryfikowania tego zagadnienia przeprowadzono

ankietę internetową na forach, gdzie udzielały się osoby hodujące drób w małych przydomowych gospodarstwach na terenie całej Polski. Zebrano odpowiedzi od 333 respondentów na pytanie odnośnie do ataku lisa na drób domowy.



Ryc. 1. Procentowy rozkład odpowiedzi na pytanie: „Czy zdarzyła się sytuacja ataku lisa na drób w Państwa gospodarstwie?”

W 75% otrzymano odpowiedź twierdzącą, ankietowani zadeklarowali występowanie ataków lisa w swoich przydomowych hodowlach drobiu (ryc. 1) oraz zwrócili uwagę na znacząco wzrastającą populację lisa pospolitego i coraz większe szkody wywoływane przez te drapieżniki. Według ankietowanych na znaczny wzrost populacji lisów istotne znaczenie miało wprowadzenie programu szczepień przeciwko wściekliźnie oraz zmniejszenie odstrzałów. Choć lis jest uważany za zwierzę prowadzące nocny tryb życia, ankietowani wskazali, że tylko niecałe 18% ataków tych zwierząt miało miejsce w nocy (ryc. 2). W badaniach przeprowadzanych w Warszawie również stwierdzono aktywność lisa pospolitego w ciągu dnia. Z uzyskanych informacji można wnioskować, że lis dostosowuje swoją porę polowań do warunków dziennych, żeby ominąć zabezpieczenia wprowadzone przez hodowców. Polowanie rozpoczyna wraz z porannym wypuszczeniem drobiu z kurnika.



Ryc. 2. Procentowy rozkład odpowiedzi na pytanie: „Kiedy zdarzają się ataki lisa na drób?”

Z odpowiedzi ankietowanych wynika również, że aż 99% stosuje zabezpieczenia przeciwko atakom, w tym 89% hodowców zamyka swój drób na noc. Osoby utrzymujące drób najczęściej odnoszą straty w postaci pojedynczych osobników, ale stres spowodowany przez obecność lisa pospolitego w pobliżu stada drobiu wpływa również na spadek nieśności kur.

Podsumowanie

Reasumując, należy podkreślić, że zarówno wprowadzenie szczepień przeciwko wściekliznie, jak i zmniejszenie pozyskania łowieckiego spowodowało zwiększenie populacji lisa pospolitego. Wzrost ten odzwierciedla się na wielu płaszczyznach, m.in. w postaci coraz częstszej obecności lisa w okolicach zamieszkałych przez ludzi, również w dużych aglomeracjach miejskich. Sytuacja ta przekłada się na zwiększone zagrożenie epizootyczne i ułatwioną transmisję zoonoz na ludzi i chorób na zwierzęta domowe, w tym towarzyszące.

Wzrost liczebny lisa wpływa negatywnie na inne gatunki zwierząt w obrębie ekosystemu, w którym bytuje. Przyczynia się znacząco na obniżenie populacji wybranych gatunków, np. ptaków gniazdujących na ziemi czy drobnych ssaków.

Lis pospolity jako gatunek oportunistyczny ma niezwykle zdolność adaptacji do niesprzyjających warunków oraz zamieszkiwania nowych siedlisk. Działalność lisa znacząco wpływa również na hodowlę przydomowe drobiu. Jest to zwierzę z natury bardzo odważne, ciekawskie i inteligentne. Łatwo się uczy, dzięki czemu bez problemu pokonuje zabezpieczenia wprowadzone przez człowieka w celu ochrony swojego kurnika.

Bibliografia

- Dz. Urz. Woj. 2021.12651. Rozporządzenie nr 49 Wojewody Mazowieckiego z dn. 31 grudnia 2021 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie zwalczania wścieklizny zwierząt na terenie powiatu otwockiego, mińskiego, garwolińskiego, kozienickiego, radomskiego, zwoleńskiego, wołomińskiego, miasta Radom i miasta stołecznego Warszawy.
- Jackowiak M., Gryz J., Jasińska K., Brach M., Bolibok B., Kowal P., Gryz-Krauze J., 2021. Colonization of Warsaw by the red fox *Vulpes vulpes* in the years 1976–2019. *Nature Portf. Sci. Rep.*, 11, 13931, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92844-2>
- Farstad W., 1998. Reproduction in foxes: current research and future challenges. *Anim. Reprod. Sci.* 53, 35–42.
- Flis M., Greła E., Gugała D., 2018. Efektywność doustnej immunizacji lisów wolno żyjących w ograniczaniu wścieklizny w Polsce w latach 2011–2015. *Med. Weter.*, 74(3), 203–208, <https://dx.doi.org/10.21521/mw.5966>
- Fuglei E., Aanestad M., Berg J.P., 2000. Hormones and metabolites of arctic foxes (*Alopex Lagopus*) in response to season, starvation and re-feeding. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol.*, 126(2), 287–294.
- Furnaga S., 1983. Choroby pasożytnicze zwierząt domowych. Państwowe Wyd. Rolnicze i Leśne, Warszawa, 366–367.
- Gawor J., Malczewski A., Stefaniak J., Nahorski W., Paul M., Kacprzak E., Myjak P., 2004. Zagrożenie bąblowicą wielojamową (alveokokoza) dla ludzi w Polsce. *Przegl. Epidemiol.*, 58, 459–465.
- Gil-Fernandez M., Harcour R., Newsome T., Towerton A., Carthey A., 2020. Adaptations of the red fox (*Vulpes vulpes*) to urban environments in Sydney, Australia. *J. Urban Ecol.*, 6(1), 1–9, <https://doi.org/10.1093/jue/juaa009>

- Goszczyński J., Wasilewski M., 1992. Predation of foxes on a hare population in central Poland. *Acta Theriol.*, 37, 329–338.
- Gottstein B., Hemphill A., 2008. *Echinococcus multilocularis*: The parasite–host interplay. *Experimental Parasitol.*, 119, 447–452.
- Kadłubowski R., 1972. Zarys parazytologii lekarskiej. PZWL, Warszawa, 195–196.
- Kamieniarz R., Panek M., 2008. Zwierzęta łowne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku. *Czempień*, 50–57.
- Kowalska D., Piórkowska M., 2014. Charakterystyka populacji hodowlanych i dziko żyjących lisów pospolitych. *Wiad. Zootech.*, R. 52, 2, 117–121.
- Kruuk H., 1986. Predators and anti – predator behaviour of the blackheaded gull. *Behav.*, 11, 60–129.
- Lockie J.D., 1959. The estimation of the food of foxes. *J. Wildlife Manage.*, 23, 224–226.
- Michalak M., Cholewińska P., 2018. Znaczenie hodowli zwierząt futerkowych w Polsce. *Wiad. Zootech.*, 56(3), 199–202.
- Miller P., 2018. Rudy problem. Lisy mnożą się wściekle. *Las Pol.*, <https://www.laspolski.pl/s/19/3290/3290-rudy-problem-lisy-mnoza-sie-wsciekle-4201> [dostęp: 4.04.2022].
- Mistrzак M., Janicki B., 2009. Biologia rozrodu lisa pospolitego (*Vulpes vulpes*). *Zesz. Nauk. Uniw. Technol.-Przyr., Bydgoszcz*, 252, *Zootech.* 37, 61–65.
- Nasimovic A.A., 1948. Ekologia Lisicy w Laplandskom Zapovedniku. *Tr. Lapland. Gos. Zap.* 3.
- Nowakowicz-Dębek B., Ondrasovic M., Bis-Wencel H., Saba L., 2001. Zanieczyszczenie gleby jajami i larwami pasożytów przez fermę zwierząt futerkowych. *Med. Wet.*, 57(3) 202–203.
- Okarma H., Tomek A., 2008. Łowiectwo. Szkody powodowane przez zwierzęta. *Wyd. Edukacyjno-Naukowe H2O, Kraków*, 111–112.
- Orzeł B., 2019. Ocena skutków regulacji zakazu hodowli zwierząt futerkowych w Polsce. *Nowy Sącz*.
- Panek M., Bresiński W., 2002. Red fox *Vulpes vulpes* density and habitat use in a rural area of western Poland in the end of 1990s, compared with the turn of 1970s. *Acta Theriol.*, 47(4), 433–442.
- Panek M., Budny M., 2017. Variation in the feeding pattern of red foxes in relation to changes in anthropogenic resource availability in a rural habitat of western Poland. *Mammalian Biol.*, 82, 1–7, <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2016.09.002>
- Plumer L., Davison J., Saarma U., 2014. Rapid urbanization of red foxes in Estonia: distribution, behaviour, attacks on domestic animals, and health-risks related to zoonotic diseases. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115124>
- Polski Związek Hodowców i Producentów Zwierząt Futerkowych (PZHiPZF), b.d. Wpływ hodowli norek i innych zwierząt futerkowych na gospodarkę, sytuację ekonomiczną obywateli i na budżet państwa, <https://pzhpf.pl/fermowe-zwierzeta-futerkowe.html> [dostęp: 6.04.2022].
- Rudy A., 2011 Wścieklizna u lisów w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem terenów południowych. *Życie Wet.*, 86(7), 539–543.
- Serafiński W., 1928. *Ssaki Polski*. WWSIP, 42–43.
- Smreczek M., 2003. Strategies of oral vaccination of foxes against rabies. *Med. Wet.* 59, 976–978.
- Stobo-Wilson A., Murphy B., Crawford H., Dawson S., Dickman C., Doherty T., Fleming P.A., Gentle M.N., Legge S.M., Newsome T.M., Palmer R., Rees M.W., Ritchie E.G., Speed J., Stuart J.-M., Thompson E., Turpin J., Woinarski J.C.Z., 2021. Sharing meals: predation on Australian mammals by the introduced European red fox compounds and complements predation by feral cats. *Biol. Conserv.*, 261, 109284. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109284>
- Śmietanka K., 2016. Zarządzanie populacjami zwierząt. *Łowiec Pol.*, 88.
- Świątalska A., 2015. Występowanie pasożytów wewnętrznych u lisa rudego. *Magwet.*, 11.
- Tembrock G., 1963. Acoustic behaviour of mammals. W: Busnel R.G. (ed.). *Acoustic behaviour of animals*, Elsevier, Amsterdam, 767–777.
- Webster G.A., 2007. *Diseases of wild animals. Investigation and management*, wyd. 2. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Zalewski D., Okarma H., Panek M., 2018. Monitoring liczebności i jakości populacji dzikich zwierząt. *Olsztyn*, 48–50.

Nauka obywatelska na rzecz walki z zanieczyszczeniem hałasem

Citizen science against noise pollution mapping

Dźwięki stanowią nierozzerwalną część naszego życia; przy natężeniu nieprzekraczającym 65 decybeli (dB) umożliwiają porozumiewanie się i odbieranie przyjemnych bodźców słuchowych. Powyżej 65 dB dźwięki stają się szkodliwe dla ludzkiego zdrowia i są określane mianem hałasu. Hałas jest zjawiskiem przestrzennym, może więc być przedstawiony na mapie. Zgodnie z wytycznymi Głównej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Polsce mapy hałasu wykonywane są metodą CNOSSOS-EU integrującą algorytmy interpolacji geostatystycznej ze współczynnikami pochłaniania i refrakcji dźwięku. Terenowe pomiary hałasu mogą być wykonane w celu sprawdzania poprawności algorytmów interpolacji. Długotrwałe narażenie na hałas powyżej 75 dB może prowadzić do utraty słuchu, stąd też polskie prawo ochrony środowiska wymaga, aby dla miast powyżej 100 tys. mieszkańców wykonywać strategiczne mapy hałasu [Dz.U. z 2020 r., poz. 1219]. Wraz z rozwojem systemów transportowych, przemysłu, a nawet turystyki współczesne miasta stają się coraz głośniejsze. Zanieczyszczenie hałasem jest jednym z głównych i narastających problemów środowiskowych. Nauka obywatelska jako forma partnerstwa między naukowcami a społeczeństwem umożliwia włączenie społeczności lokalnych w proces diagnozowania zanieczyszczenia hałasem. Inicjatywy nauki obywatelskiej dotyczące tematyki zanieczyszczenia hałasem dają również szansę na poprawę dostępu społeczeństwa do informacji o narażeniu na faktyczny poziom hałasu, być może nieuwzględniony na mapach wykonywanych metodami CNOSSOS-EU. W praktyce nauki obywatelskiej mieszkańcy za pomocą dedykowanych aplikacji mobilnych samodzielnie wykonują pomiary emisji hałasu, które dzięki zastosowaniu technologii GeoWeb [Kar i in. 2016] są wyświetlane w trybie rzeczywistym na mapach online. Nieustrukturyzowana natura tak zebranych danych wymaga jednak wdrożenia odpowiednich procedur kontroli jakości danych w celu zapewnienia wiarygodnej informacji przestrzennej. Cechą charakterystyczną projektów nauki obywatelskiej jest proces zdobywania nowej wiedzy przez zaangażowanych wolontariuszy. W przypadku projektów dotyczących partycypacyjnego mapowania hałasu [Maisonneuve i in. 2009, Becker i in. 2013] uczestnicy poznają specyfikę wykonywania pomiarów oraz zależności pomiędzy natężeniem hałasu a odległością od jego źródła. Wraz z rosnącym doświadczeniem wolontariusze są również w stanie wytypować miejsca potencjalnie zanieczyszczone hałasem oraz strefy ciszy. Nowa wiedza zdobyta przez wolontariuszy w czasie praktyki nauki obywatelskiej przyczynia się

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, rozalia.sowisz8@gmail.com

do poprawy jakości życia całego społeczeństwa [Zhang 2013]. Wpływa także na osiągnięcie wspólnego celu, jakim jest tworzenie i rozpowszechnianie otwartego dostępu do wiedzy. Od strony organizacyjnej w projektach nauki obywatelskiej standardowo wyróżnia się trzy etapy: zbieranie, przetwarzanie i analizowanie (interpretowanie) danych, natomiast w celu zapewnienia standardu jakości danych plan lub protokół zbierania danych musi być ustalony na początku projektu [Freitag i in. 2016]. W prezentowanej pracy podjęto tematykę społecznego mapowania natężenia hałasu będącą efektem kilkumiesięcznej aktywności popularyzującej naukę w ramach Studenckiego Koła Naukowego Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Celem pracy było zaangażowanie społeczności akademickiej w kampanię nauki obywatelskiej i sprawdzenie, jak kształtuje się aktywność poszczególnych wolontariuszy w czasie projektu. Dodatkowym celem pracy była ocena poziomu dokładności zebranych danych przestrzennych i wyciągnięcie wniosków (rekomendacji) na potrzeby przyszłych tego typu projektów realizowanych przez studenckie koła naukowe. Tematykę zanieczyszczenia hałasem wybrano ze względu na uwarunkowania techniczne i dostępność [Pödör 2021], gdyż pomiar natężenia dźwięku może być wykonany praktycznie przez każdego użytkownika urządzenia typu smartfon w każdych warunkach terenowych, co znacząco poprawia dostępność projektu dla ogółu społeczeństwa.

Metoda badań

Tok postępowania metodycznego obejmował trzy zasadnicze etapy: przygotowanie aplikacji GeoWeb, kampanię pomiarową wraz z akcją informacyjną oraz analizę wyników.

Prace nad etapem pierwszym rozpoczęto od przygotowania formularza geograficznego za pomocą aplikacji internetowej ArcGIS Survey 123. Interfejs formularza składał się z listy dziewięciu pytań oraz mapy pozwalającej na lokalizację użytkownika.

W drugim kroku dane pomiarowe zebrane przez uczestników kampanii zapisano w postaci punktowej bazy danych. Dane punktowe o natężeniu hałasu poddano wizualizacji, stosując skalę barwną od koloru niebieskiego dla wartości niskich przez pomarańczowy do poziomu nieznacznie przekroczonego po czerwony wskazujący poziom powyżej 75 dB. Mapę z wynikami wyświetlanymi w czasie rzeczywistym przygotowano w internetowej aplikacji ArcGIS Dashboard; rozwiązanie to pozwala również na monitorowanie i informowanie wolontariuszy o przebiegu kampanii.

Drugi etap dotyczył kampanii zbierania danych. Kampanię rozpoczęto w listopadzie 2021 roku w woj. lubelskim. Czas trwania zaplanowano do kwietnia 2022 roku. Zgodnie z założeniami wolontariusze gromadzili dane odnoszące się do hałasu zarówno w mieście, jak i poza nim. Przystępujący do badania byli zobowiązani do wyposażenia swoich smartfonów w aplikację mierzącą hałas. Użytkownikom z systemem android zalecono Miernik Dźwięku i decybeli od EXA Tools (ryc. 1a), natomiast użytkownikom IOS – Sound Meter HQ-Miernik Dźwięku od ExaMobile S.A. Przed wykonaniem pierwszego pomiaru zalecono kalibrację pobranej aplikacji (ryc. 1b, 1c).

Pomiar hałasu dokonywano według wytycznych przez minimum 30 s, a osoba wykonująca badanie dokonywała pomiaru statycznie. Zbieranie danych mogło odbywać się

budynkach oraz w przestrzeniach otwartych. Wolontariusz był zobowiązany do wykonania pomiaru, uzupełnienia formularza i przesłania go za pomocą formularza Survey 123, tak aby dane mogły być wizualizowane na wspólnej mapie wynikowej.



Ryc. 1. Interfejs aplikacji mobilnej do wykonywania pomiarów: a) Miernik Dźwięku i decybeli (Exa Tools), b i c) kalibracja aplikacji

Etap kampanii zbierania danych objął także promocję akcji społecznego mapowania hałasu za pośrednictwem strony Facebook (FB). Witryna FB była na bieżąco monitorowana i uzupełniana o wszelkie informacje, takie jak: instrukcja, przykładowe aplikacje mierzące dźwięk oraz posty zachęcające i motywujące obecnych oraz przyszłych użytkowników. Dołączony został także przycisk CTA zachęcający do skorzystania z aplikacji; grafikę strony FB promującej akcję mapowania hałasu przedstawiono na rycinie 2.



Ryc. 2. Wizualizacja strony na Facebooku

W etapie trzecim przeprowadzono analizę zebranych danych w celu określenia aktywności uczestników, jakości zebranych danych oraz wizualizacji wyników na mapie. Dane z aplikacji pobrano i zaimportowano do ArcGIS Pro, a następnie usunięto dane niespójne, ze źle obliczoną średnią, zapisane jako test. Przedstawiono liczbę ogólnie otrzymanych pomiarów z pogrupowaniem ich na całą Polskę, woj. lubelskie oraz pomiary wykonane poza granicami tego województwa. Następnie przycięto granice do Lublina. Dane te podzielono na pochodzące z zewnątrz i wewnątrz budynków oraz na cztery grupy: rano, w godz. 5–11; popołudnie, w godz. 13–17; wieczór, w godz. 18–21; noc, w godz. 22–4. Dodatkowo przedstawiono ogólną liczbę pomiarów wykonanych w poszczególnych dzielnicach Lublina. W celu wizualizacji natężenia hałasu wykonano analizę hotspot. Analizie poddano aktywność użytkowników i przedstawiono ją na wykresie.

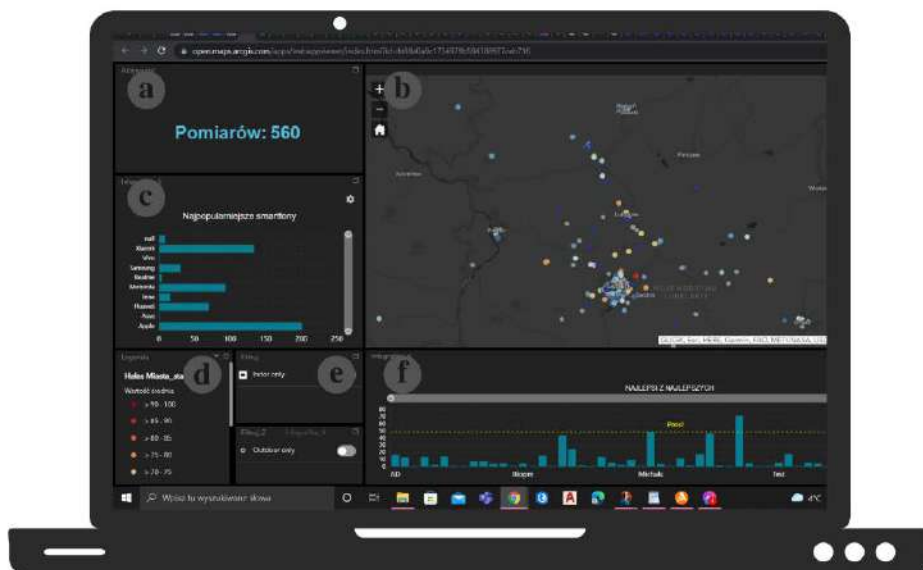
Wyniki

Efektom prac etapu pierwszego został formularz wykonany w aplikacji Survey 123 i udostępniony w aplikacji mobilnej. W formularzu zawarto cztery pytania otwarte, kolejno dotyczące: imienia bądź pseudonimu, maksymalnego, minimalnego oraz średniego zmierzonego natężenia hałasu. Ponadto zastosowano cztery pytania zamknięte, dotyczące określenia modelu telefonu, czasu trwania pomiaru, daty i godziny oraz jakości wykonanego pomiaru. Formularz uwzględnił także wskazanie geolokalizacji za pomocą GPS. Interfejs graficzny przygotowanego formularza przedstawiono na rycinie 3.

Trzy zrzuty ekranu z aplikacji mobilnej przedstawiające formularz pomiarowy. Pierwszy ekran zawiera instrukcje i opcje pomiaru (Outdoor/Indoor). Drugi ekran zawiera pola do wpisania danych: telefon, czas trwania, wartości maksymalna i minimalna. Trzeci ekran zawiera pola do wpisania danych: wartość średnia, data i godzina, lokalizacja punktu pomiarowego oraz ocenę jakości pomiaru.

Ryc. 3. Schemat formularza aplikacji

Drugim komponentem przygotowanej aplikacji była interaktywna mapa do wyświetlania danych pomiarowych zebranych przez uczestników. Rozwiązanie to pozwoliło na wyświetlanie wyników kampanii w trybie rzeczywistym. Interfejs aplikacji, będący autorskim rozwiązaniem, przedstawiono na rycinie 4, wraz z opisem poszczególnych elementów wyświetlających wyniki kampanii.

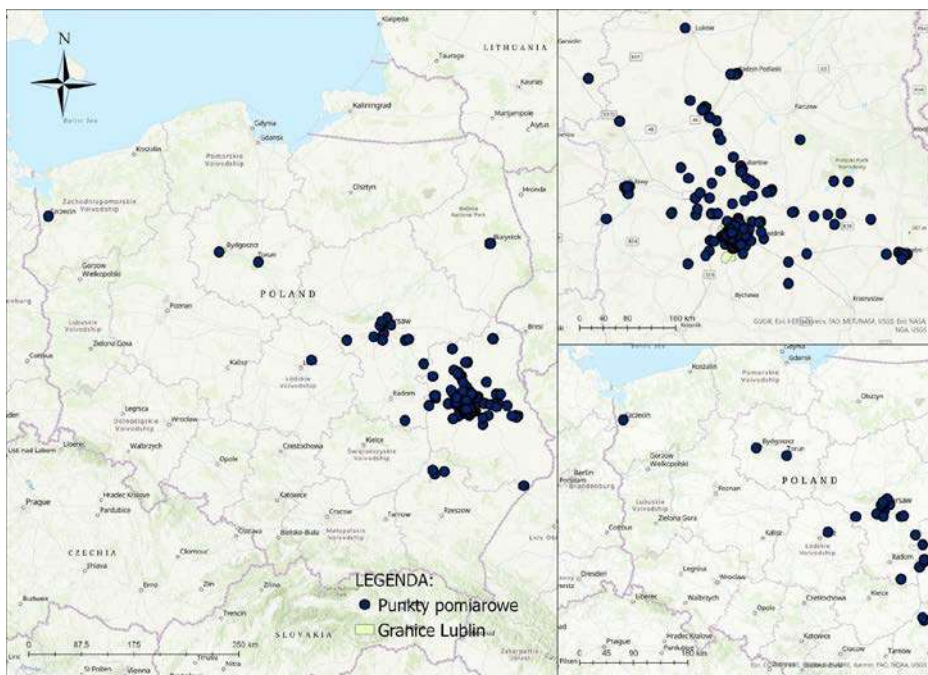


Ryc. 4. Interfejs aplikacji pulpitu nawigacyjnego mapowania internetowego przedstawiający wyniki przy użyciu kontroli jakości danych: a) liczba wykonanych pomiarów, b) mapa, c) wykres słupkowy dotyczący najpopularniejszych smartfonów, d) legenda, e) suwak pomiarów indoor, outdoor, f) wykres słupkowy najaktywniejszych użytkowników

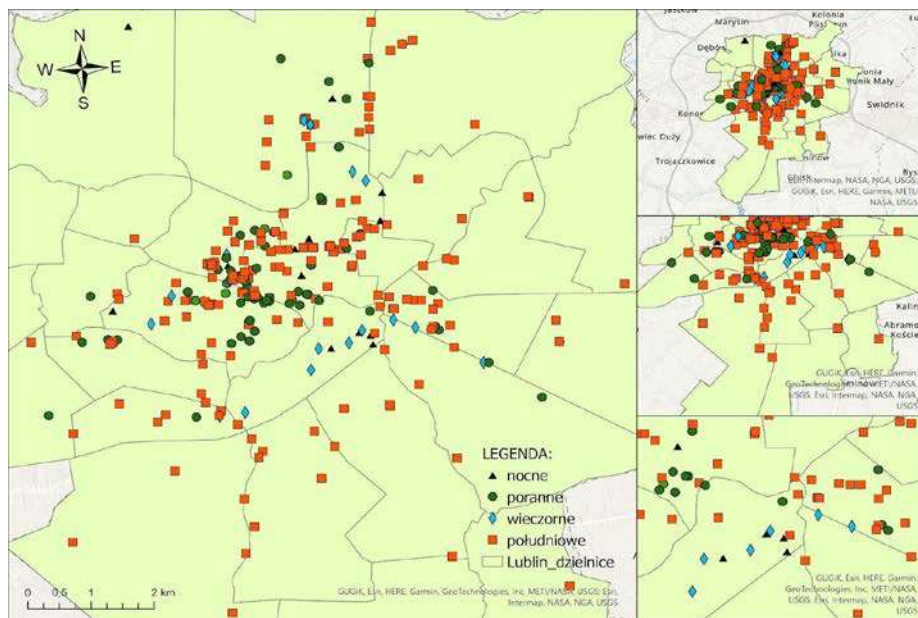
W wyniku realizacji etapu drugiego – kampania zbierania danych; zarejestrowano dane pomiarowe pochodzące łącznie od 56 wolontariuszy z różnych wydziałów Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Politechniki Lubelskiej, Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie oraz Akademii Wychowania Fizycznego w Białej Podlaskiej. Obywatele-naukowcy wykonali łącznie 634 pomiarów, częściowo również poza granicami Polski. Bezpośrednio w granicach Polski zarejestrowano 612 pomiarów (96,5%), natomiast w obrębie woj. lubelskiego wykonano 581 pomiarów (91,6%); rycina 5. W wyniku procedury kontroli jakości danych z ogólnej puli 634 pomiarów usunięto 165 rekordów z powodu źle wyliczonej średniej, istotnego przekroczenia wartości progowej 100 dB oraz testowego charakteru pomiarów. Z puli 469 pomiarów 320 zostało zarejestrowanych bezpośrednio w granicach administracyjnych miasta Lublin – tę pulę danych pomiarowych użyto do dalszych analiz przestrzennych.

Moduł drugi zbierania danych, czyli promocja prowadzonej kampanii, spowodował wraz z uruchomieniem strony FB wzrost liczby dostarczanych pomiarów. Codzienne dodawanie postów zwiększyło zainteresowanie respondentów i mimo osiągnięcia jedynie 29 polubień witryna cieszyła 120 odbiorcami. Średnie zasięgi postu wynosiły 77, a dotycząca ich aktywność – 25.

W trzecim etapie otrzymano 14 (4,4%) pomiarów wykonanych w nocy, 104 (32,5%) rano, 183 (57,2%) w południe oraz 19 (5,9%) wieczorem (ryc. 6). Najwięcej pomiarów zostało dodanych w godzinach południowych, natomiast najmniej w porze nocnej.

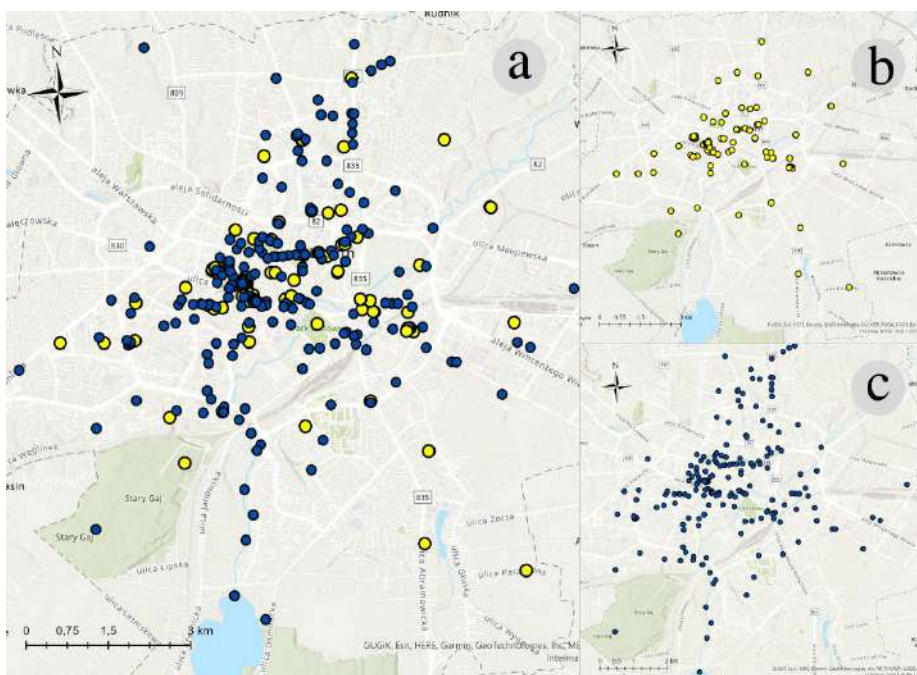


Ryc. 5. Ogólny wynik kampanii pomiarowej



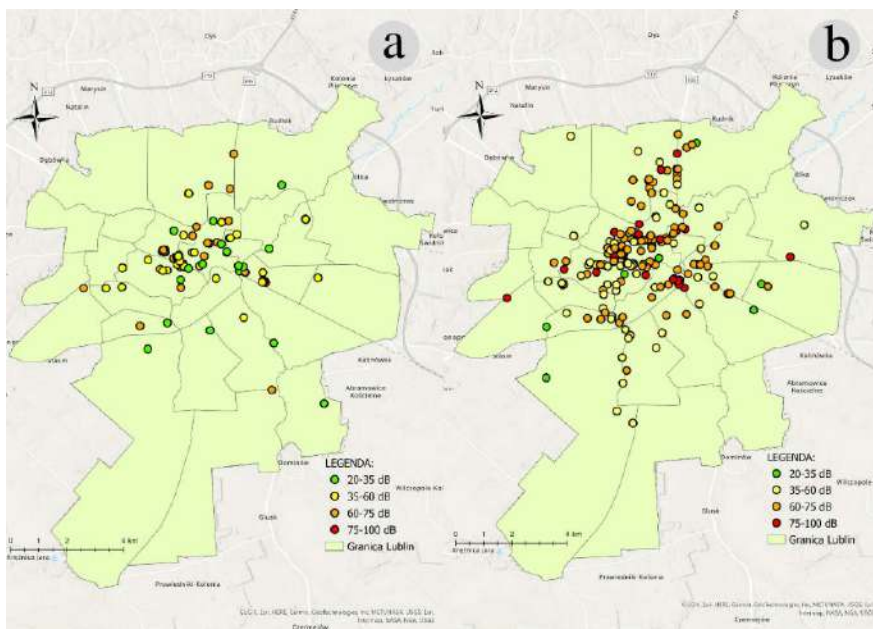
Ryc. 6. Graficzne przedstawienie wykonanych pomiarów zależnie od pory dnia

Stosując podział Lublina na dzielnice, otrzymano następujące pomiary: Felin – 3 (0,9%); Hajdów-Zadębie – 2 (0,6%); Głusk – 1 (0,3%); Dziesiąta – 1 (0,3%); Sławinek – 1 (0,3%); Tatary – 13 (4,1%); Bronowice – 26 (8,1%); Zemborzycze – 7 (2,1%); Wrotków – 8 (2,5%); Czuby południowe – 16 (5%); Czuby północne – 11 (3,4%); Czechów północny – 20 (7,8%); Węglin południowy – 3 (0,9%); Konstantynów – 2 (0,6%); Rury – 56 (17,5%); Za Cukrownią – 14 (4,4%); Sławin – 1 (0,3%); Kalinowszczyzna – 3 (0,9%); Wieniawa – 65 (20,3%); Śródmieście – 53 (16,6%); Stare Miasto – 9 (2,8%); Ponikwoda – 5 (1,6%). Pomiarów z zewnątrz uzyskano 198 (61,9%; ryc. 7a, 7c), natomiast tych pochodzących z budynków było 122 (38,1%; ryc. 7a, 7b).

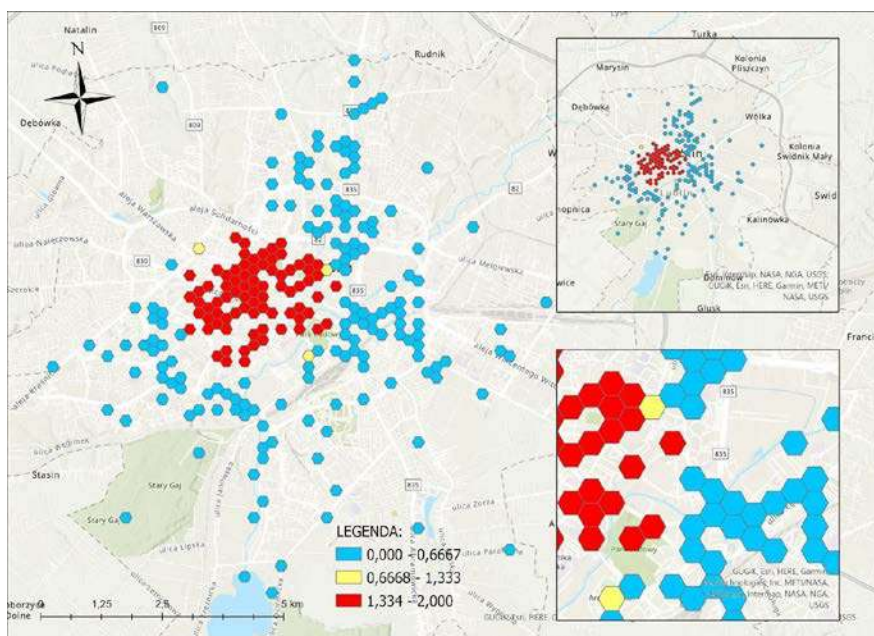


Ryc. 7. Podział pomiarów ze względu na miejsce wykonania: a) wszystkie razem, b) wewnętrzne, c) zewnętrzne

Pomiary wykonywane w środku budynków charakteryzują się wartością natężenia w granicach 20–40 dB, jednak występują też miejsca, w których wskaźnik ten jest znacznie zwiększony i wartość średnia hałasu jest wyższa. Najwyższy poziom natężenia hałasu dla danych pozyskanych z wnętrza budynku wynosił 75,5 dB (ryc. 8a). Pomiary wykonywane na zewnątrz osiągały wyższe wartości decybeli od pomiarów wykonanych w budynku. Do miejsc, w których zaobserwowano stosunkowo niskie zanieczyszczenie hałasem, należą obszary dolin rzecznych, parków miejskich oraz oddalone od głównych dróg komunikacyjnych. Najwyższe natężenie na hałas występuje na obszarach, które są zlokalizowane przy skrzyżowaniach głównych arterii komunikacyjnych miasta oraz w miejscach dużych skupisk ludzi (ryc. 8b).



Ryc. 8. Podział pomiarów ze względu na poziom hałasu: a) wewnątrz budynków, b) na zewnątrz budynków



Rys. 9. Wyniki analizy hotspot

Analiza hotspot (ryc. 9) potwierdziła skupienie największych wartości pomiarów w centrum miasta. Wystąpiły także trzy niewielkie skupienia hałasu powyżej średniej. Wykazano również niższy współczynnik natężenia na hałas w okolicach oddalonych od centrum miasta.

Aktywność wolontariuszy przedstawiono na rycinie 10. W Lublinie do kampanii przyłączyło się 47 osób (83,9%). Krzywe aktywności uczestników wskazują, że w początkowym stadium projektu zaangażowanie było niewielkie i zaczęło rosnąć wraz z upływem czasu. Spowodowane to było zwiększoną promocją oraz wprowadzeniem mechanizmów podnoszących zaangażowanie respondentów.



Ryc. 10. Krzywe aktywności uczestników podczas kampanii zbierania danych w terenie – tygodniowe

Szczególnie dużym zaangażowaniem podczas całej kampanii wyróżniły się 4 osoby, które osiągnęły 43 (13,4%), 38 (11,9%), 37 (11,6%), 28 (8,8%) wszystkich pomiarów dla Lublina. Podczas trwania całej kampanii 20 osób wykonało tylko 1 pomiar, co stanowi 35,7% wszystkich użytkowników.

Podsumowanie

W pracy podjęto próbę oceny pomiaru hałasu za pomocą autorskiej aplikacji do partycypacyjnego mapowania hałasu. Wprowadzono innowacje społeczne odnoszące się do problemu zanieczyszczenia hałasem, tj. wolontariusze mogli dołączyć do badania poprzez wykonywanie pomiarów smartfonem przy użyciu miernika dźwięku. Ogólna dostępność aplikacji umożliwia dostarczenie informacji o zanieczyszczeniu hałasem na wskazanych obszarach. W prezentowanym doświadczeniu na podstawie ilości danych wykazano, że zaangażowanie uczestników w projekty nauki obywatelskiej jest niewielkie. Niskie zagęszczenie pomiarów było szczególnie zauważalne na obrzeżach miasta. Rozważono kontekst przestrzenny, używając do tego przestrzennego modelowania zanieczyszczenia hałasem, mapy przedstawiającej wyniki w czasie rzeczywistym. Chociaż wykazano potencjał wykorzystania danych pochodzących z crowdsourcingu do monitorowania zanieczyszczenia hałasem, minimalną próbkę raportu można uznać za ograniczenie projektu. W przyszłych tego typu badaniach szczególnie ważne jest wdrożenie działań promocyjnych już na początku realizacji badań. Warto także zwrócić uwagę na

aspekt zapoznania wolontariuszy z instrukcją oraz polecanymi narzędziami. Kluczowe jest to, aby otrzymać spójne i jasne, pozbawione błędów dane.

Bibliografia

- Becker M., Caminiti S., Fiorella D., Francis L., Gravino P., Haklay M., Hotho A., Loreto V., Mueller J., Ricchiuti F., Servedio V.D.P., Sîrbu A., Tria F., 2013. Awareness and learning in participatory noise sensing. *PLoS ONE*, 8(12), e81638. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081638>
- Dz.U. 2020, poz. 1219. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 29 maja 2020 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo ochrony środowiska.
- Freitag A., Meyer R., Whiteman L., 2016. Strategies employed by citizen science programs to increase the credibility of their data. *Citizen Sci. Theory Pract.*, 1(1), 2. <https://doi.org/10.5334/cstp.6>
- Kar B., Sieber R., Haklay M., Ghose R., 2016. Public participation GIS and participatory GIS in the era of GeoWeb. *Cartograph. J.* 53(4), 296–299, <https://doi.org/10.1080/00087041.2016.1256963>
- Maisonneuve N., Stevens M., Niessen M.E., Steels L., 2009. NoiseTube: measuring and mapping noise pollution with mobile phones. W: *Information technologies in environmental engineering*, Springer Berlin Heidelberg, 215–228.
- Pödör A., Szabó S., 2021. Geo-tagged environmental noise measurement with smartphones: accuracy and perspectives of crowdsourced mapping. *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.*, 48(9), 2710–2725. <https://doi.org/10.1177/2399808320987567>
- Zhang J., Chen S., Chen B., Du Y., Huang X., Pan X., Zhang Q., 2013. Citizen science: integrating scientific research, ecological conservation and public participation. *Biodiv. Sci.*, 21(6), 738–749. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1003.2013.12113>

Funkcje wybranych gleb technogenicznych w środowisku miejskim Lublina

Functions of selected technogenic soils in the urban environment of Lublin

Rozwój nauk o środowisku przyrodniczym przyczynił się do zmiany postrzegania gleby. Pod koniec ubiegłego wieku ostatecznie obalono paradygmat traktujący o wyłącznie naturalnym pochodzeniu gleby. Zauważono, że powstaje ona i funkcjonuje również w środowisku, które jest poddawane silnej antropopresji, np. na obszarach zurbanizowanych, przemysłowych i górniczych [Uzarowicz i in. 2020]. Udowodniono, że gleby te nie są całkowicie pozbawione życia, występuje w nich typowy dla gleb naturalnych obieg materii i energii oraz porastają je różne gatunki roślin. Gleby te tworzą więc trwałe ekosystemy z aktywnym życiem biologicznym [Kabała i in. 2020].

W 2019 roku Komisja Genezy, Klasyfikacji i Kartografii Gleb Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego na nowo zdefiniowała glebę. Według tej definicji gleba jest: „powierzchniową częścią litosfery lub trwale powiązanym z litosferą (za pośrednictwem budynków lub budowli) nagromadzeniem części mineralnych i organicznych, pochodzących z wietrzenia lub akumulacji, naturalnej lub antropogenicznej, ulegającym przeobrażeniu przy udziale czynników glebotwórczych oraz mającym zdolność zaopatrywania organizmów żywych w wodę i składniki pokarmowe” [PTG 2019]. Sformułowanie to pozwoliło nie tylko usystematyzować wiedzę na temat gleb miejskich, ale również dało impuls do dalszego rozwoju badań tych gleb, co jest szczególnie istotne w kontekście życia i funkcjonowania człowieka w mieście.

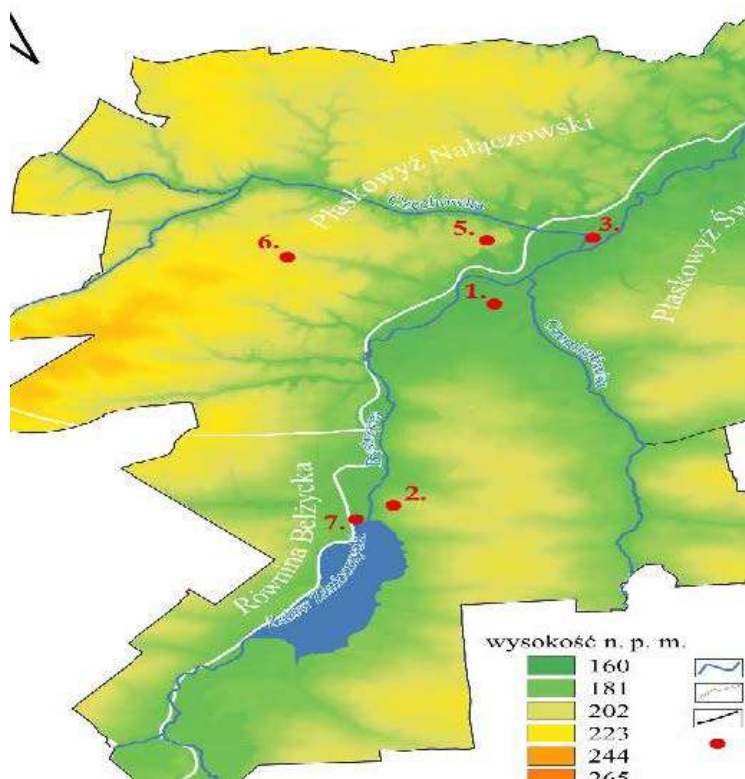
Niniejsza praca o charakterze przeglądowym poświęcona jest zagadnieniom związanym z glebami technogenicznymi Lublina, szczególnie pod kątem ich funkcji środowiskowych. Ponadto przedstawiono problem degradacji gleb technogenicznych i jej wpływu na cały ekosystem miasta. Treść pracy uzupełniono o dokumentację fotograficzną, która została wykonana podczas prac terenowych.

Ogólna charakterystyka Lublina

Lublin jest największym miastem po wschodniej stronie Wisły, o powierzchni ok. 150 km². Zamieszkuje go ok. 340 000 mieszkańców [GUS b.d.]. Jako stolica województwa lubelskiego pełni on funkcje administracyjne, ekonomiczne oraz kulturowe i jest jednym z dynamiczniej rozwijających się miast w Polsce.

¹ Uniwersytet Marii-Curie Skłodowskiej, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, szafran.tomasz95@gmail.com

Według podziału Solon i in. [2018] Lublin znajduje się na styku trzech mezoregionów: Płaskowyżu Nałęczowskiego, Równiny Bełżyckiej oraz Płaskowyżu Świdnickiego (ryc. 1). Ważną rolę w morfologii odgrywa dolina Bystrzycy i jej dopływy: Czechówka i Czerniejówka, oraz suche doliny erozyjno-denudacyjne i wąwozy występujące szczególnie w zachodniej części miasta [Superson i in. 2018]. Urozmaicona rzeźba powierzchni Lublina ma istotny wpływ na przestrzenne zróżnicowanie koncentracji i rozproszenie zanieczyszczeń.



1. Okolice dworca PKP
2. Osiedle Słoneczna Dąbrowa
3. Centrum handlowe Vivo!
4. Pozostałości po dawnych zakładach metalurgicznych
5. Plac Litewski
6. Osiedle Słowackiego
7. Okolice Zalewu Zemborzyckiego

Ryc. 1. Punkty badawcze na tle mapy hipsometrycznej Lublina. Opracowanie własne na podst. Solon i in. [2018]

Dominujące w Lublinie są gleby brunatnoziemne, które występują na 66,2% powierzchni miasta. Na pokrywie lessowej Płaskowyżu Nałęczowskiego wytworzyły się gleby brunatne właściwe i gleby płowe. Na Równinie Bełżyckiej i Płaskowyżu Świdnickim dominują gleby brunatne kwaśne, a także gleby płowe. W miejscach płytkiego zalegania wapieni, szczególnie na Płaskowyżu Świdnickim, wykształciły się rędziny. Na terenach leśnych okolic Zalewu Zemborzycyckiego zalegają silnie zakwaszone i ubogie w składniki mineralne gleby biellicowe [Kociuba 2011, Wasil 2002].

Zieleń normowana (997,4 ha) zajmuje głównie doliny rzeczne oraz suche doliny Płaskowyżu Nałęczowskiego. Zaliczyć można do niej 13 parków miejskich, które porastają najczęściej klony, lipy i kasztanowce, a także liczne skwery, zieleńce, cmentarze oraz ogródki działkowe. Na zieleń nienormowaną, zajmującą powierzchnię 7183,0 ha, składa się głównie Las Dąbrowa, w którym dominują bory świeże, oraz kompleks Stary Gaj z drzewostanem składającym się głównie z sosny, lipy drobnolistnej, grabu oraz dębu szypułkowego. Nasłonecznione stoki, miedze oraz skarpy Płaskowyżu Nałęczowskiego porastają murawy i zarośla kserotermiczne [Kłosowski 2012].

Charakterystyka gleb technogenicznych

W Polsce gleby silnie przekształcone w wyniku działalności człowieka zostały po raz pierwszy uwzględnione w trzecim wydaniu „Systematyki gleb Polski” [PTG 1974]. Określono je wtedy jako gleby industrioziemne, czyli „gleby silnie przeobrażone w wyniku działania przemysłu, górnictwa i budownictwa komunalnego”.

Zgodnie z obowiązującą systematyką gleby technogeniczne należą do rzędu gleb antropogenicznych. Wyróżniono aż 10 podtypów gleb technogenicznych: ekranosole, urbisole, industriole, edifisole, konstruktosole, agregosole, turbisole, a także gleby techniczne oglejone, gruntowo-glejowe i opadowo-glejowe [PTG 2019].

Gleby technogeniczne są relatywnie młode, o słabo ukształtowanym profilu. Powstały wskutek postępującej urbanizacji, aktywności przemysłowej, górniczej i komunalnej, a także rozwoju sieci komunikacyjnej. Typowa sekwencja ich poziomów glebowych to: Aa-Ca, Aaq-Caq, Aa-(E,B-)C, Ra-Ca. Gleby te odznaczają się dużą zawartością artefaktów, które zostały umieszczone w wyniku działalności człowieka, takich jak przede wszystkim odpady górnicze i przemysłowe oraz związane z remontami i wyburzeniami budynków. Gleby technogeniczne cechują się zaburzonym profilem w wyniku wymieszania poszczególnych warstw podczas prac ziemnych lub są na stałe przykryte szczelną warstwą litego materiału technogenicznego, np. asfaltu i betonu. Ekranowanie uniemożliwia przenikanie wody opadowej oraz zaniża aktywność biologiczną i wymianę gazową. Uszczelnienie powierzchni betonem i asfaltem zwiększa spływ powierzchniowy, a rozbudowa sieci kanalizacyjnej oraz minimalne zdolności retencyjne gleb miejskich powodują obniżenie się zwierciadła wód gruntowych w miastach. Szczególnie szkodliwe jest osuszanie gleb poprzez głębokie wykopy, osiągające często bardzo duże powierzchnie (ryc. 2). Rozluźnienie lub nadmierne zagęszczanie materiału glebowego utrudnia utrzymanie odpowiedniej zasobności, co bezpośrednio przekłada się na funkcjonowanie szaty roślinnej w środowisku miasta [Greinert 2000].



Ryc. 2. Gleba technogeniczna (ekranosol) w pobliżu Dworca Głównego PKP w Lublinie. Widoczne wyraźne uszczelnienie wierzchniej warstwy, wymieszanie profilu glebowego i obecność artefaktów

Gleby miejskie są również narażone na erozję. W wyniku mechanicznych przekształceń profilu glebowego i braku powiązań między jego elementami składowymi powierzchnia gruntu nie wykazuje należytej odporności. Ponadto wiele gleb miejskich zbudowanych jest z materiałów piaszczystych i pylastych, co zwiększa ryzyko wystąpienia erozji wodnej.

Niektóre gleby technogeniczne są wytworzone z tzw. głębokiego materiału nasypanego (ryc. 3) utworzonego w trakcie budowy nasypów kolejowych i drogowych oraz różnego rodzaju wałów, obwarowań i grobli. Gleby technogeniczne mogą tworzyć się samostannie na budynkach i wszelkiego rodzaju konstrukcjach wzniesionych przez człowieka [PGP 2019].

Cechą diagnostyczną gleb technogenicznych jest występowanie pierwiastków i związków chemicznych, często w toksycznych stężeniach [Czarnowska 1995]; są to głównie metale ciężkie (mangan, cynk, ołów, miedź), fluorowce, węglowodory policykliczne oraz ksenobiotyki. W Lublinie duży wpływ na zawartość metali ciężkich w glebach ma transport publiczny, szczególnie trolejbusowy. Większe stężenie Cu obserwuje się bezpośrednio przy trasach z zainstalowaną trakcją trolejbusową, co jest spowodowane ścieraniem trakcji przez pantografy trolejbusu [Plak i in. 2010]. Zawartość substancji szkodliwych jest uzależniona także od rodzaju przemysłu i odległości od źródeł skażenia – największe zanieczyszczenie gleb występuje najczęściej w centralnej części miasta oraz dzielnicach przemysłowych. Domieszanie do masy glebowej artefaktów, szczególnie wapiennych odpadów budowlanych, skutkuje podniesieniem odczynu, dzięki czemu możliwe jest buforowanie kwaśnego działania zanieczyszczeń przemysłowych [Bowanko i in. 1999, Charzyński i in. 2011].



Ryc. 3. Aggerosole powstają przez nasypianie dużej ilości materiału ziemistego, np. przy robotach budowlanych. Osiedle Słoneczna Dąbrowa w Lublinie

Gleby technogeniczne są wyłączone z użytkowania rolniczego lub wykorzystywane rolniczo w bardzo niewielkim stopniu (po intensywnej rekultywacji). Wyjątek stanowią te, które mogą być wykorzystane jako sztuczne podłoże do nasadzeń roślin ozdobnych i maskujących (konstruktosole). Gleby technogeniczne rzadko są pozbawione roślinności – porasta je często roślinność synantropijna, ruderalna lub sztucznie nasadzona. Przekształcenia gleb terenów zurbanizowanych wpływają na całą biocenozę, czego skutkiem jest m.in. skrócenie wegetacji roślin, szczególnie na obszarach zieleni przyulicznej [Wysocki 2019]. Niezbędna jest więc odpowiednia rekultywacja, bez której gleba nie jest w stanie pełnić swoich funkcji.

Rola gleb technogenicznych w kształtowaniu środowiska Lublina

Gleba jest istotnym komponentem ekosystemu terenów zurbanizowanych. Odpowiednie zagospodarowanie gleb technogenicznych to przede wszystkim organizacja miejskich terenów zieleni: parków, skwerów, zieleńców, bulwarów oraz ogródków działkowych. Stają się one coraz bardziej pożądane przez mieszkańców miast – pełnią m.in. funkcje rekreacyjne i wypoczynkowe. Zieleń miejska umożliwia uprawianie sportu, spędzanie wolnego czasu, odpoczynek i relaks oraz nadaje szczególny charakter danemu miejscu [Chojecka 2014]. W Lublinie obszarami zieleni najczęściej wykorzystywanymi

przez mieszkańców w celu sportowo-wypoczynkowym są: Ogród Botaniczny UMCS, Ogród Saski, Park Ludowy, park im. św. Jana Pawła II oraz wawóz Kalinowszczyzna.

Tereny zieleni pełnią również funkcję ekologiczną, która polega na poprawie jakości środowiska miejskiego. Zieleń polepsza jakość powietrza, ogranicza natężenie hałasu, pochłania zanieczyszczenia i chroni przez słońcem oraz śniegiem. Ponadto rośliny w miastach ograniczają występowanie tzw. miejskiej wyspy ciepła, wpływają na lokalną cyrkulację powietrza, a także poprawiają gospodarkę wodami opadowymi [Woźny 2015].

Zieleń miasta to również roślinność spontaniczna, występująca na zaniedbanych obszarach. Pełni ona ważną rolę w funkcjonowaniu biocenoz, ogranicza także ryzyko wystąpienia erozji gleb. Roślinność spontaniczna zwiększa różnorodność biologiczną i znacząco poprawia jakość gleb miejskich, szczególnie na dawnych obszarach pokopalnianych i przemysłowych [Wysocki 2019].

Coraz bardziej powszechną formą zagospodarowania przestrzeni miejskiej, z wykorzystaniem gleby technogenicznej, jest tworzenie zielonych dachów, zwanych także ekodachami. Znajdują tu wykorzystanie odpowiednio wyselekcjonowane rośliny hydrofitowe (turzyce, sitowia, irysy, kosańce, byliny), których korzenie zatrzymują zanieczyszczenia z wód opadowych [Burszta-Adamiak i in. 2014]. Rośliny te nasadzone są na konstruktosolach, czyli glebach celowo utworzonych na geomembranie lub litej warstwie technogenicznej. Gleby te, specjalnie przygotowane i usypane na dachach budynków, pozwalają na długotrwałą retencję wody w okresie posuchy. Zielone dachy w Lublinie występują m.in. na centrum handlowym Vivo! (ryc. 4), Centrum Spotkania Kultur oraz na dachach nowo powstałych bloków mieszkalnych na osiedlu Słoneczny Dom. W podobnym celu wykorzystuje się coraz częściej także wiaty przystankowe, prywatne balkony oraz tarasy.



Ryc. 4. Konstruktosole jako podłoże dla nasadzeń na centrum handlowym

Glebami, które również wpływają na szatę roślinną i ekosystem miasta, są edifisole. Zajmują przeważnie bardzo niewielkie obszary, które mogą być ograniczone elementami konstrukcyjnymi budynków. Porasta je roślinność synantropijna, często bardzo zróżnicowana, mimo że warunki wzrostu i rozwoju dla tych roślin są ekstremalne [Wysocki 2019]. Rośliny porastające edifisole na ruinach i starych budynkach nie są tak atrakcyjne wizualnie jak sztucznie nasadzone hydrofity na zielonych dachach, są jednak istotne dla funkcjonowania ekosystemu miejskiego. „Zieleńce” na edifisolach oczyszczają i nawilżają powietrze oraz retencjonują wodę opadową. Próbują również odzyskać powierzchnię biologicznie czynną, utraconą pod zabudowę, a także wzmacniają konstrukcję budynków (ryc. 5). W uszczelnionej powierzchni miejskiej często brakuje obszarów pełniących podobne funkcje, dlatego tak istotne jest odpowiednie zagospodarowanie i ochrona gleb technogenicznych.



Ryc. 5. Edifisole na pozostałościach po dawnej przychodni zakładów metalurgicznych w Lublinie

Gleba miejska jest siedliskiem wielu organizmów. Są to przede wszystkim bakterie, grzyby, nicienie, pajęczaki, dżdżownice i ślimaki, ale także kręgowce, takie jak: krety, ryjówki i gryzonie. W glebach dolin rzecznych i terenach podmokłych płazy, np. ropucha i grzebiuszka, szukają schronienia w trakcie suszy oraz zimy. Edafony przyczyniają się do napowietrzenia gleby, usprawniają infiltrację oraz oczyszczają glebę (bioremediacja) z niektórych rodzajów zanieczyszczeń albo osłabiają ich działanie. Ma to szczególne znaczenie dla gleb miejskich. Organizmy glebowe przetwarzają także materię organiczną, pomagają kontrolować liczebność szkodników i wpływają pozytywnie na utrzymanie struktury gleby [Bednarek i in. 2005].

Coraz częściej obserwowanym zjawiskiem w aglomeracjach jest susza. Uszczelniona powierzchnia miasta znacząco ogranicza infiltrację wody opadowej i nasila spływ powierzchniowy, całkowicie zaburzając prawidłową gospodarkę wodną.

Lita warstwa technogeniczna, taka jak beton, asfalt, kostka brukowa i płyty chodnikowe, ekranują glebę, uniemożliwiając w niej retencję wody. Odpowiednio zagospodarowana i nieuszczelniona gleba technogeniczna skutecznie ogranicza natężenie spływu powierzchniowego i minimalizuje ryzyko wystąpienia suszy. Niestety przykładem niewłaściwego wykorzystania powierzchni miejskiej jest modernizacja placu Litewskiego w Lublinie (ryc. 6), która poprzez zastosowanie betonowych płyt na dużym areale doprowadziła do zwiększenia spływu powierzchniowego.



Ryc. 6. Zmodernizowany plac Litewski w Lublinie jest przykładem złego wykorzystania powierzchni miejskiej

Organizacja nowych terenów odbywa się na glebach technologicznych, najczęściej w formie rekultywacji. Gleby nasypowe, powstałe podczas kształtowania terenu przy tworzeniu np. nowych osiedli, często są wykorzystywane do urozmaicenia monotonnej rzeźby terenów rekreacyjnych. Przykładem takiego działania jest sztucznie usypany pagórek na osiedlu Słowackiego w Lublinie (ryc. 7). Gleba technogeniczna to także materiał wykorzystywany do budowy różnego rodzaju budowli i konstrukcji. Przykładem modelowania tych gleb jest formowanie wałów przeciwpowodziowych i zapór w rejonie Zalewu Zemborzycyckiego (ryc. 8), a także niwelowanie powierzchni pod budowę osiedli mieszkaniowych i obiektów użyteczności publicznej. Prowadzi to często do głębokiego wymieszania profilu glebowego i wprowadzenia dużej liczby artefaktów.



Ryc. 7. Urozmaicenie powierzchni terenów zielonych poprzez usypanie pagórka z gleby pozyskanej z wykopów pod budowę osiedla (fot. W. Krawiec)



Ryc. 8. Wykorzystanie gleby technogenicznej do budowy grobli nad Zalewem Zemborzyckim

Podsumowanie

Na podstawie zebranej literatury można stwierdzić, że w Lublinie panują niekorzystne warunki dla gleb, spowodowane nasilającą się antropopresją. Do zabiegów, które negatywnie oddziałują na glebę, należą przede wszystkim wprowadzanie do gleby zanieczyszczeń i metali ciężkich oraz degradacja mechaniczna: głębokie wykopy, niwelacja terenu i wymieszanie profilu glebowego. Degradacja gleb Lublina zachodzi z różną intensywnością, w zależności od lokalizacji i stopnia antropopresji.

Odpowiednie zagospodarowanie gleb technogenicznych, polegające przede wszystkim na tworzeniu terenów zieleni, może przyczynić się do poprawy jakości życia w mieście. Zielień miejska wpływa pozytywnie na cały ekosystem miasta, ograniczając negatywne skutki postępujących zmian klimatu. O zapotrzebowaniu na tereny zieleni może świadczyć tworzenie zielonych dachów na nowo powstałych osiedlach i centrach handlowych. Aby zielień mogła spełniać swoją rolę, niezbędna jest odpowiednia jakość podłoża glebowego, która powinna dotyczyć wielu działań ekologicznych, ekonomicznych i samorządowych.

Głównymi funkcjami gleb technogenicznych jest poprawa jakości środowiska w mieście, zwiększenie bioróżnorodności oraz ograniczenie negatywnych skutków pogodowych (powodzi, susz, upałów) związanych ze zmianami klimatu. Gleby te są wykorzystywane jako budulec grobli, pagórów i wałów przeciwpowodziowych, a także jako powierzchnia do niwelowania pod zabudowę.

Bibliografia

- Bednarek R., Prusinkiewicz Z., Pokojska U., Dziadowiec H., 2005. *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. PWN, Warszawa.
- Bowanko G., Hajnos M., 1999. Wpływ materiałów budowlanych na zmiany właściwości fizykochemicznych gleby lessowej z terenu miasta Lublina. *Acta Agrophis.*, 23, 7–15.
- Burszta-Adamiak E., Łomotowski J., Wiercik P., 2014. Zielone dachy jako rozwiązania poprawiające gospodarkę wodami opadowymi w miastach. *Inż. Ekol.*, 39, 26–32, <https://doi.org/10.12912/2081139X.47>
- Charzyński P., Bednarek R., Chmurzyński M., 2011. Właściwości gleb tworzących się na budowach miasta Torunia. W: M. Jankowski. *Wybrane problemy genezy systematyki użytkowania i ochrony gleb rejonu kujawsko-pomorskiego*. Pol. Tow. Glebozn., Toruń.
- Chojecka A., 2014. Znaczenie terenów zielonych w przestrzeni publicznej oraz ich wpływ na jakość życia miejskiego. *Rynek Społ. Kult.*, 9, 48–54.
- Czarnowska K., 1995. Gleby i rośliny w środowisku miejskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1, 111–115.
- Główny Urząd Statystyczny (GUS), b.d., <https://lublin.stat.gov.pl> [dostęp: 4.02.2022].
- Greinert A., 2000. *Ochrona i rekultywacja terenów zurbanizowanych*. Wyd. Politech. Zielonogór., Zielona Góra.
- Kabała C., Greinert A., Charzyński P., Uzarowicz Ł., 2020. Technogenic soils – soils of the year 2020 in Poland. Concept, properties and classification of technogenic soils in Poland. *Soil Sci. Ann.*, 71(4), 267–280, <https://doi.org/10.37501/soilsa/131609>
- Kłósowski W., 2012. *Prognoza oddziaływania na środowisko Strategii Rozwoju Lublina na lata 2013–2020*. Warszawa.
- Kociuba D., 2011. *Rozwój przestrzenny i funkcjonalny Lublina od średniowiecza do współczesności*. Wyd. Adam Marszałek. Toruń.

- Plak A., Bartmiński P., Dębicki R., 2010. Wpływ transportu publicznego na zawartość wybranych metali ciężkich w glebach sąsiadujących z ulicami Lublina. *Proc. ECOpole. Opole*, 4, 167–171.
- Plak A., Chodorowski J., Melke J., Bis M., 2015. Influence of land use on the content of select forms of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in urban soils. *Pol. J. Environ. Stud.*, <https://doi.org/10.15244/pjoes/59275>
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze (PTG), 1974. Systematyka gleb Polski, wyd. 3. *Rocz. Glebozn.*, 25(1), 1–148.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze (PTG), Komisja Genezy Klasyfikacji i Kartografii Gleb, 2019. Systematyka gleb Polski. Wyd. Uniw. Przyr., Wrocław, Wrocław–Warszawa.
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasiak M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W., 2018. Physico-geographical mesoregions of Poland: verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geogr. Pol.*, 91, 143–170, <https://doi.org/10.7163/GPol.0115>
- Superson J., Reder J., Demczuk P., 2018. Regionalne uwarunkowania rozwoju rzeźby terenu Lublina. *Ann. UMCS*, 73, 107–124, <http://dx.doi.org/10.17951/b.2018.73.0.107-124>
- Uzarowicz Ł., Charzyński P., Greinert A., Hulisz P., Kabała C., Kusza G., Kwasowski W., Pędziwiatr A., 2020. Studies of technogenic soils in Poland: past, present, and future Perspectives. *Soil Sci. Ann.*, 71, 281–299, <https://doi.org/10.37501/soilsa/131615>
- Wasil P., 2002. Przestrzenne zróżnicowanie współczesnej pokrywy glebowej miasta Lublina (praca magisterska), Zakład Gleboznawstwa INoZ UMCS, 94.
- Woźny A., 2015. Wpływ warunków siedliskowych na stan zieleni przyulicznej. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. PAN*, III/1/2015, 557–567, <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2015.3.1.044>
- Wysocki C., 2019. Funkcjonowanie szaty roślinnej w warunkach miejskich. *Przegl. Geogr.*, T. 91, 421–434, <https://doi.org/10.7163/PrzG.2019.3.7>

Bezpieczeństwo i higiena pracy w postępowaniu okołoubojowym świń

Occupational health and safety in pre-slaughter pigs

Obrót okołoubojowy trzody chlewnej wiąże się z działaniem wielu niekorzystnych czynników, które mogą wpływać na zdrowie i życie ludzi. Osoby wykonujące określone czynności są narażone np. na urazy wynikające z kontaktu z agresywnymi, zestresowanymi zwierzętami. Na bezpieczeństwo i higienę pracy pracownika wpływa również styczność z różnego typu materiałami oraz narzędziami, jak też organizacja pracy podczas kolejnych czynności tworzących cały proces okołoubojowy, tj. przygotowanie zwierząt do transportu, przepędzanie, załadunek, transport oraz wyładunek w magazynie żywca [Pisula i Florowski 2005]. Należy pamiętać o tym, że wszystkie te działania powinny być wykonywane z restrykcyjnym zachowaniem zasad bhp, co umożliwi uniknięcie przez zaangażowane w ten proces osoby zagrożeń fizycznych, chemicznych i biologicznych mogących skutkować urazami, chorobami, a nawet utratą życia. W aspekcie obrotu okołoubojowego warto też podkreślić, że prawidłowe postępowanie osób biorących w nim udział pozwala zachować właściwy poziom dobrostanu świń, co przekłada się na ograniczenie czynników zagrażających zdrowiu i życiu pracowników. Wynika to z tego, że w stanach naruszenia dobrostanu na zwierzęta działa wiele silnych czynników stresogennych, co może powodować wystąpienie np. agresji ukierunkowanej na osoby uczestniczące w przepędzaniu świń, ich załadunku, rozładunku oraz transporcie [Szyborski 2017]. Właściwe postępowanie osób biorących udział we wszystkich procesach zachodzących w czasie czynności okołoubojowych stanowi kluczowy element wpływający na panujący poziom bezpieczeństwa i higieny pracy.

Obrót okołoubojowy określany jest jako szereg wykonywanych czynności oraz zabiegów logistycznych związanych z przekierowaniem trzody chlewnej z obszaru produkcji do sektora uboju [Tereszkiewicz i in. 2011]. Główne etapy obrotu to przygotowanie zwierząt, załadunek, transport, wyładunek oraz odpoczynek przedubojowy [Pisula i Florowski 2005]. Podczas każdego z nich należy uwzględnić wszystkie zasady bezpieczeństwa, tak aby zdrowie i życie pracownika, jak również pozostałych osób biorących w tym udział, nie były zagrożone.

Celem niniejszej pracy było określenie prawidłowego postępowania pracownika podczas obrotu okołoubojowego świń w aspekcie przestrzegania wymagań z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy.

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Studenckie Koło Naukowe Hodowli i Biotechnologii Świń, szymczuk.monika99@gmail.com

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Hodowli Zwierząt i Doradztwa Rolniczego

Przepędzanie zwierząt

Przepędzanie trzody chlewnej do pojazdu transportowego jest dla zwierząt jednym z najbardziej stresujących etapów obrotu przedubojowego. Znaczącą rolę w trakcie wykonywania takich zabiegów stanowi człowiek. W tym czasie oddziaływanie wielu stresorów na świnie może skutkować zagrożeniami, na które zostanie narażony pracownik. Działania związane z transportem i przepędzaniem świń wpływają bezpośrednio na stres odczuwany przez zwierzęta [Śmiecińska i in. 2011]. Czynniki te mogą powodować niekontrolowane zachowania świń, co przy niewystarczającej ostrożności pracownika może skutkować urazem ciała.

Podczas przepędzania cały obszar korytarza przepędowego, jak również użytkowane pomieszczenia, powinny być odpowiednio i równomiernie oświetlone, bez tworzenia niepożądanych (zaciemnionych) miejsc [Borzuta 2012]. Takie postępowanie umożliwi pracownikowi dostrzeżenie wszystkich elementów, które potencjalnie byłyby niebezpieczne. Dostosowanie światła usprawnia przeprowadzenie całego procesu, ponieważ zwierzęta mogą dokładnie obserwować drogę znajdującą się przed nimi, a to pozwala na wyeliminowanie nietypowych zachowań.

Proces przepędzania może być przeprowadzany z wykorzystaniem elementów wspomagających (płyt przepędowych oraz paneli separacyjnych), które usprawniają przechodzenie zwierząt z kojców do środka transportu i odwrotnie [Grontkowska i Gębska 2017]. Elementy te umożliwiają zachowanie wysokiego dobrostanu zwierząt bez wykorzystania poganiaczy elektrycznych, ponadto zapewniają bezpieczeństwo obsłudze. Stosowanie poganiaczy elektrycznych możliwe jest wyłącznie w sytuacjach, kiedy zwierzę nie reaguje na żaden z innych sposobów przepędzania. Należy jednak upewnić się, czy przed zwierzęciem nie znajdują się pozostałe świnie i dlatego nie zmienia ono swojego miejsca oraz czy droga, którą ma do pokonania, jest prosta i nie spowoduje urazów. Podczas użytkowania poganiaczy elektrycznych należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ może dojść do porażenia prądem elektrycznym. W aspekcie bezpieczeństwa i higieny pracy ważna jest również stała kontrola jakości użytkowanego sprzętu.

Załadunek i rozładunek tuczników

Zarówno proces załadunku w gospodarstwie, jak i rozładunek tuczników w magazynie żywca określane są jako bardzo stresogenne etapy obrotu okołoubojowego. Wszystkie sprzęty używane do przemieszczania trzody chlewnej muszą być wykonane oraz wykorzystywane w sposób nieprzyczyniający się do cierpienia i ranienia zwierząt, a jednocześnie powinny być bezpieczne dla pracowników [Borzuta i in. 2018].

Bardzo ważną rolę pełnią powierzchnie podłóg. Podłogi powinny być antypoślizgowe oraz wykonane w taki sposób, by ewentualnie znajdujące się na niej odchody zwierząt nie powodowały ryzyka poślizgnięcia zwierzęcia lub obsługi. Dotyczy to również powierzchni ramp. Konstrukcja ramp powinna ułatwiać proces załadunku oraz rozładunku świń, przyczyniając się do poprawy bezpieczeństwa osób biorących w nim udział. Nachylenie tego typu ramp nie może przekraczać 20° [Budzik 2019]. Muszą one być skonstruowane ze stabilnych elementów, jak również nie mogą posiadać ostrych krawędzi, gdyż stanowi to zagrożenie powstania urazów zarówno u ludzi, jak i u zwierząt.

Skutecznym rozwiązaniem ułatwiającym załadunek, jak również ograniczającym stres zwierząt, jest wyodrębnianie małych grup liczących od czterech do sześciu świń. Ogranicza to możliwość cofania się zwierząt, zmniejsza liczbę stresorów występujących podczas tego procesu, a tym samym eliminuje ewentualną agresję. Czynniki te mają istotny wpływ na poziom bezpieczeństwa człowieka poprzez zminimalizowanie ryzyka upadków, poślizgnięć, urazów ciała oraz przygnieceń przez zwierzęta [Rosenvold i Andersen 2003, Przybylski i in. 2016].

Transport trzody chlewnej

Nieodłącznym procesem produkcji wieprzowiny jest transport trzody chlewnej. Dbałość o poziom dobrostanu na tym etapie stanowi ważny element zarówno dla obsługi, jak i dla zwierząt. Uwzględniając to, że nieodpowiednie warunki przeprowadzanego transportu mogą spowodować podwyższoną śmiertelność tuczników oraz obniżenie jakości mięsa, istotnym elementem jest zachowanie jak najwyższego poziomu dobrostanu i humanitarne traktowanie zwierząt [Werner i in. 2007].

Jak podają Pisula i Pospiech [2011], urazów ciała w omawianym procesie może doznać około 60% przewożonej trzody chlewnej. Należy pamiętać, że na stopień ponoszonych obrażeń wpływa zarówno czas, jak i odległość transportu oraz styl jazdy kierowcy i wyposażenie pojazdu [Cierach i Idaszewska 2014, Scheeren i in. 2014].

Podczas transportu kierowca jest narażony na niesprzyjające czynniki ergonomiczne. Bardzo ważnym aspektem w perspektywie bezpieczeństwa kierowcy jest odpowiednie siedzisko oraz rozmieszczenie wszystkich przycisków funkcyjnych samochodu. Niezbędne jest dysponowanie przez kierowcę wiedzą z zakresu postępowania ze zwierzętami, ponieważ wpływa to na poziom występującego u nich stresu [Driessen i in. 2013]. Kierowca powinien posiadać niezbędną wiedzę dotyczącą bezpieczeństwa i higieny pracy, jak również musi mieć nabyte umiejętności z zakresu przewozu zwierząt. Podczas przewożenia może dojść do różnego rodzaju wypadków drogowych, dlatego to bardzo ważne, aby kierowca w takiej sytuacji potrafił zadbać o bezpieczeństwo swoje, jak również transportowanych zwierząt.

Uwzględniając aktualne wymagania dotyczące dobrostanu zwierząt, do transportu dopuszczone mogą zostać wyłącznie zwierzęta zdrowe, niewykazujące objawów klinicznych choroby. Jako zwierzęta niezdolne do przewozu określa się te, które:

- wykazują objawy kliniczne choroby,
- są niezdolne do samodzielnego poruszania,
- posiadają ranę otwartą,
- są w wysokiej ciąży.

Kwalifikowanie zwierząt do transportu ma bardzo istotny wpływ np. na ograniczenie rozprzestrzeniania się chorób odzwierzęcych oraz zminimalizowanie liczby upadków zwierząt w trakcie przejazdu. Działanie to zmniejsza potencjalne nakłady pracy związanej z uprzątnięciem padłego zwierzęcia, jak też eliminuje zagrożenia ze strony czynników biologicznych, chroniąc zdrowie pracownika.

Magazyn żywca

Etap końcowy obrotu przedubojowego stanowi magazyn żywca. Zwierzęta przetransportowane do rzeźni powinny być bezzwłocznie zagospodarowane. Droga przepędu trzody chlewnej z samochodu transportowego do magazynu powinna przebiegać po tzw. pomostach wyrównawczych na rampę zadaszoną, a następnie korytarzami przepędowymi do miejsca, w których dokonywane będą dalsze zabiegi [Okruszek i Skrabka-Błotnicka 2014]. Podczas przepędzania trzody chlewnej należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ zwierzęta wychodzące z auta na rampę przepędową mogą się poślizgnąć, co może skutkować przewróceniem lub przygnieceniem pracownika obsługi. Przy przepędzaniu zwierząt do magazynu wykonuje się ważenia oraz przeprowadza badanie weterynaryjne. Czynności te powinny odbywać się w miejscu do tego przystosowanym i wyposażonym, czyli m.in. posiadającym swobodny dostęp do umywalki oraz z natężeniem światła minimum 540 lx [Borzuta 2012]. Nieodpowiednio dobrane oświetlenie może przyczyniać się do zmniejszenia wydajności pracownika, potęgować uczucie zmęczenia oraz obniżenia jakości pracy [Biała i in. 2013]. Świnie przetransportowane do magazynu żywca często są zmęczone oraz zestresowane nowym otoczeniem, dlatego też obsługa jest narażona na agresję zwierząt, poślizgnięcia oraz upadki spowodowane śliską powierzchnią lub odchodami zwierząt. Czasem może być trudno przewidzieć, jak zwierzę zareaguje, dlatego bardzo ważnym elementem w celu utrzymania jak najwyższego poziomu bezpieczeństwa jest zachowanie stałej ostrożności w trakcie obrotu okołubojowego.

Prawidłowe postępowanie na każdym z etapów obrotu okołubojowego z uwzględnieniem zasad bhp pozwala na ograniczenie, a nawet wyeliminowanie czynników niebezpiecznych dla zdrowia i życia osób związanych z tym procesem. Podstawowe zasady zawarto w autorskiej instrukcji postępowania okołubojowego świń.

Instrukcja postępowania okołubojowego świń

I. Zasady ogólne

Czynności związane z obrotem okołubojowym należy wykonywać z uwzględnieniem jak najwyższego stopnia bezpieczeństwa i higieny pracownika oraz z zachowaniem wysokiego poziomu dobrostanu zwierząt.

Praca osoby odpowiedzialnej za proces postępowania okołubojowego powinna być dokładnie zaplanowana.

Podczas wykonywania procesów okołubojowych zabrania się:

- palenia tytoniu,
- spożywania posiłków,
- spożywania alkoholu, środków odurzających oraz psychoaktywnych,
- podchodzenia do zwierząt, nie sygnalizując swojej obecności.

Nie należy dotykać okolic twarzy i oczu w trakcie przeprowadzania procedur okołubojowych z uwagi na niebezpieczeństwo działania szkodliwych czynników biologicznych.

Przeprowadzając prace związane z obrotem okołubojowym, należy ograniczyć czynności powodujące nadmierny hałas w celu podwyższenia bezpieczeństwa pracowników biorących udział w tym procesie oraz zachowania dobrostanu świń.

II. Załadunek

Załadunek oraz przepędzanie należy przeprowadzać w sposób spokojny oraz zdecydowany, bez krzyków, z zachowaniem jak najwyższego poziomu bezpieczeństwa i higieny.

Osoba biorąca udział w przepędzaniu tuczników powinna używać przeznaczonych do tego płyt przepędowych lub paneli separacyjnych, a jedynie w przypadku, gdy zwierzę nie reaguje na żadne metody przepędzania, dozwolone jest użycie poganiacza elektrycznego.

Należy uprzedzić zwierzęta opanowanym, stonowanym głosem o zbliżaniu się do nich, aby uniknąć ewentualnego ataku mogącego skutkować urazami.

Nie należy dopuścić do mieszania grup zwierząt z różnych chlewni, co mogłoby spowodować nadmierną agresję skierowaną na ludzi i inne osobniki z grupy.

Należy umożliwić świniom poruszanie się w ich naturalnym tempie chodu, co pozwoli ograniczyć poślizgnięcia i upadki mogące wpłynąć na bezpieczeństwo obsługi.

Należy usunąć z trasy przepędowej wszystkie przedmioty rozpraszające uwagę ludzi i zwierząt.

Wszystkie środki stosowane w procesie załadunkowym muszą być wykorzystywane zgodnie z ich przeznaczeniem.

Zagrożenia występujące podczas załadunku: poślizgnięcia, upadki, przygniecenie lub ugryzienie przez agresywne zwierzę, uderzenie o elementy ramp załadunkowych, pochwycenie przez ruchome elementy, ostre krawędzie, kontakt z energią elektryczną.

Źródło zagrożenia: śliskie i nierówne powierzchnie, nieporządek, zestresowane zwierzęta, otwieranie burt i klap, narzędzia, nieprawidłowa obsługa ramp załadunkowo-rozładunkowych, ograniczona przestrzeń, wąskie korytarze użytkowe, obracające się części maszyn, elementy ramp załadunkowych, ostre elementy wyposażenia samochodów transportowych, narzędzia ręczne, uszkodzony sprzęt elektryczny (poganiacz elektryczny).

Możliwe skutki: stłuczenia, zwichnięcia, złamania kończyn, siniaki, skaleczenia, zadrapania, porażenie prądem elektrycznym.

Środki ochrony przed zagrożeniem: rękawice ochronne, obuwie robocze, odzież robocza dostosowana do wykonywanej pracy, regularne sprawdzanie stanu technicznego stosowanych urządzeń.

III. Transport

Konstrukcja środka transportu powinna zapobiegać wyciekaniu moczu i odchodów zwierząt oraz wypadaniu paszy i ściółki.

Pojazdy wykorzystywane do transportu trzody chlewnej powinny posiadać odpowiednie oświetlenie oraz być wyposażone w sprzęt niezbędny do prawidłowego wykonania procesu załadunkowo-rozładunkowego.

Konstrukcja pojazdu musi uniemożliwiać wypadnięcie oraz ucieczkę zwierząt.

Pojazd stosowany do transportu trzody chlewnej powinien być zaopatrzony w poidła oraz karmniki dostosowane do wielkości transportowanych zwierząt.

Środek transportu musi być poddany czyszczeniu oraz dezynfekcji każdorazowo po przewozie zwierząt.

Pojazd transportowy musi być przystosowany do zapewnienia bezpieczeństwa oraz dobrostanu adekwatnie do zmieniających się warunków meteorologicznych.

Przewoźnik powinien mieć niezbędne dokumenty.

Zagrożenia występujące podczas transportu: wypadek drogowy, hałas, nieodpowiednie warunki ergonomiczne w kabinie kierowcy, mikroklimat, drgania.

Źródło zagrożenia: zwierzęta, samochody transportowe, złe warunki atmosferyczne, zmęczenie, brak odpowiednich kwalifikacji, nieodpowiedni stan techniczny pojazdu, nieergonomiczny fotel kierowcy, niska jakość dróg, prace wykonywane w zmiennych warunkach atmosferycznych, wymuszona pozycja ciała, wykonywanie powtarzalnych czynności.

Możliwe skutki zagrożenia: bóle głowy, rozdrażnienie, utrudniona koncentracja, złamania, urazy głowy, śmierć, ból pleców oraz ramion, zmęczenie, przegrzanie lub przeziębienie.

Środki ochrony przed zagrożeniem: stosowanie ochronników słuchu, szkolenia i kursy, w tym dotyczące bhp, kontrole stanu technicznego pojazdów, klimatyzacja, odpowiedni strój roboczy, ergonomiczne siedzisko kierowcy.

IV. Wyladunek

Strefy rozładunku powinny być odpowiednio oznakowane oraz bezpieczne dla wszystkich pracowników biorących udział w wyladunku.

Rampa rozładunkowa nie może być stroma i śliska, aby zapewnić pracownikowi technicznemu oraz zwierzętom wysoki poziom bezpieczeństwa.

Strefa wyladunku musi stanowić szeroką, czystą oraz prostą drogę bezpośrednio z pojazdu do kojców.

Rozładunku świń należy dokonywać w mniejszych grupach, aby uniknąć przygniecenia lub nadeptnięcia przez zwierzęta.

Podczas procesu rozładunku należy obserwować świnię, określając ich kondycję, oraz śledzić stan zdrowia.

Zagrożenia występujące podczas wyladunku: poślizgnięcia, upadki, przygniecenie lub wywrócenie przez zestresowane zwierzę, uderzenie o elementy ramp załadunkowych, pochwycenie przez ruchome elementy, ostre krawędzie, kontakt z energią elektryczną.

Źródło zagrożenia: śliskie i nierówne powierzchnie, nieporządek, zestresowane zwierzęta, otwieranie burt i klap, narzędzia, obsługa ramp załadunkowo-rozładunkowych, ograniczona przestrzeń, wąskie korytarze użytkowe, obracające się części maszyn, elementy ramp załadunkowych, ostre elementy wyposażenia samochodów transportowych, narzędzia ręczne, uszkodzony sprzęt elektryczny (poganiacz elektryczny).

Możliwe skutki zagrożenia: stłuczenia, zwichnięcia, złamania kończyn, siniaki, skaleczenia, zadrapania, porażenie prądem elektrycznym.

Środki ochrony przed zagrożeniem: rękawice ochronne, obuwie robocze, odzież robocza dostosowana do wykonywanej pracy, regularne sprawdzanie stanu technicznego stosowanych urządzeń.

V. Magazyn żywca

Niezwłocznie po przyjeździe należy zgłosić liczbę zwierząt padłych lub rannych w czasie transportu.

Ubój z konieczności spowodowany obrażeniami zwierząt lub ich chorobą podczas transportu bądź rozładunku powinien być dokonywany wyłącznie przez wykwalifikowanych pracowników z uwzględnieniem metod zawartych w Rozporządzeniu Rady (WE)

nr 1099/2009 z dnia 24 września 2009 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas ich uśmiercania [Dz.U.U.E.L.2009.303.1].

W magazynie żywca poziom dobrostanu zwierząt powinien być regularnie oceniany z zastosowaniem zasad bhp.

Kierowca w momencie przekazania zwierząt do magazynu żywca zobowiązany jest dostarczyć wszystkie posiadane dokumenty dotyczące danych zwierząt.

Zwierzęta w kojcach powinny mieć dostęp do paszy oraz wody, aby zminimalizować ich agresję w stosunku do obsługi.

Zagrożenia występujące w magazynie żywca: poślizgnięcia, upadki na tym samym poziomie, przygniecenie lub wywrócenie przez zestresowane zwierzę, uderzenie o nieruchome elementy, ostre krawędzie.

Źródło zagrożenia: śliskie i nierówne powierzchnie, nieporządek, zestresowane zwierzęta, ograniczona przestrzeń, wąskie korytarze użytkowe, narzędzia ręczne.

Możliwe skutki zagrożenia: stłuczenia, zwichnięcia, złamania kończyn, siniaki, skaleczenia, zadrapania.

Środki ochrony przed zagrożeniem: rękawice ochronne, obuwie robocze, odzież robocza dostosowana do wykonywanej pracy, regularne sprawdzanie stanu technicznego stosowanych urządzeń.

Podsumowanie

Człowiek w trakcie całego procesu jest okołoubojowego narażony na szereg zagrożeń ergonomicznych, chemicznych, fizycznych oraz biologicznych. Dlatego na każdym etapie niezbędne jest zachowanie zasad bezpieczeństwa i higieny. Podczas postępowania okołoubojowego pracownik jest narażony na agresję ze strony zwierząt, poślizgnięcia, upadki i złamania. Należy pamiętać również o ryzyku zarażenia zoonozami. Pracownik obsługi powinien posiadać niezbędną wiedzę z zakresu bezpieczeństwa i higieny oraz stosowania środków ochrony indywidualnej. Wykorzystanie przedstawionej instrukcji postępowania może przyczynić się do ograniczenia liczby zagrożeń występujących w trakcie procesu okołoubojowego, stwarzających niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia osób biorących w nim udział.

Bibliografia

- Biała K., Wlaszczyk E., Szela P., Magdoń G., 2013. Podstawy bezpieczeństwa i higieny pracy w chowie i hodowli świń. W: Maciąg K., Szala M., Winiarski G. (red). Postępy w naukach przyrodniczych, 2, 53–63.
- Borzuta K., 2012. Dobrostan w produkcji i obrocie żywcem rzeźnym oraz jego związek z jakością mięsa. Post. Nauki Technol. Przem. Roln. Spoż., 67(2), 59–80.
- Borzuta K., Lisiak D., Janiszewski P., 2018. Związek między jakością mięsa wieprzowego a dobrostaniem świń w okresie przedubojowym. Prz. Hod., 3, 1–4.
- Budzik A., 2019. Wymagania techniczne dla środków transportowych przewożących zwierzęta rzeźne. Gospod. Mater. Logist., 5, 117–135.
- Cierach M., Idaszewska N., 2014. Transport samochodowy zwierząt rzeźnych. Inż. Przetw. Spoż., 1(9), 21–25.
- Driessen B., Ester P., Van Thielen J., Van Beirendonck S., 2013. Practical handling skills during road transport of fattening pigs from farm to slaughterhouse. Agric. Sci., 4, 756–761.

- Dz.U.U.E.L.2009.303.1, Rozporządzenie Rady (WE) nr. 1099/2009 z dnia 24 września 2009 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas ich uśmiercania.
- Grontkowska A., Gębska M., 2017. Wybrane zagadnienia przewozu zwierząt i ich załadunku w gospodarstwach w ocenie rolników. *Rocz. Nauk. Ekon. Roln. Rozw. Obsz. Wiejskich*, 104(4), 151–163.
- Okruszek A., Skrabka-Błotnicka T., 2014. Automatyczne linie uboju bydła i trzody chlewnej. *Nauki Inż. Technol.* 4(15), 84–99.
- Pisula A., Florowski T., 2005. Czynniki decydujące o jakości mięsa wieprzowego. *Mag. Wet., Suplement – świnie*. 12–16.
- Pisula A., Pospiech E., 2011. Mięso – podstawy nauki i technologii. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Przybylski W., Regenstain J.M., Zybert A., 2016. Slaughter-line operation and their effects on meat quality. W: *Meat quality: genetic and environmental factors*, 219–256.
- Rosenvold K., Andersen H.J., 2003. Factors of significance for pork quality – a review. *Meat Sci.*, 64(3), 219–237.
- Scheeren M.B., Gonyou H.W., Brown J., Weschenfelder A.V., Faucitano L., 2014. Effects of transport time and location within truck on skin bruises and meat quality of market weight pigs in two seasons. *Can. J. Anim. Sci.*, 94(1), 71–78.
- Szyborski J., 2017. Stres a jakość mięsa zwierząt rzeźnych. Wybrane problemy. *Życie Wet.*, 92(2), 127–129.
- Śmiecińska K., Denaburski J., Sobotka W., 2011. Slaughter value, meat quality creatine kinase activity and cortisol levels in the blood serum of growing – finishing pigs slaughtered immediately after transport and after a rest period. *Pol. J. Vet. Sci.*, 14(1), 47–54.
- Tereszkiewicz K., Molenda P., Pokrywka K., 2011. Aktualne problemy w transporcie tuczników. *Logistyka* 3, 2787–2798.
- Werner C., Reiners K., Wicke M., 2007. Short as well as long transport duration can affect the welfare of slaughter pigs. *Animal Welfare.*, 16(3), 385–389.

Rola biogazowni w ograniczaniu emisji zanieczyszczeń powietrza

The role of biogas plants in reducing air pollutant emissions

Wykorzystanie paliw alternatywnych, które będą mogły skutecznie zastąpić węgiel kamienny i brunatny czy też gaz ziemny w procesach wytwarzania, stało się w ostatnich czasach priorytetem większości państw Unii Europejskiej. Jednym z rozwiązań wskazywanych przez czołowe polskie przedsiębiorstwa energetyczne jest realizacja inwestycji w biogaz i biometan [Obrycka 2014]. Polska ma obecnie sporo do nadrobienia w tej dziedzinie, a dokładnie w produkcji energii elektrycznej i ciepła. Oprócz konieczności uporządkowania kwestii prawnych i stworzenia instrumentów wsparcia ekonomicznego ogromną rolę odgrywa tu również aspekt społeczny związany z pojawieniem się obawy mieszkańców obszarów leżących w bezpośrednim sąsiedztwie instalacji. Polityka UE w zakresie odnawialnych źródeł energii (OZE) ma jednak ścisły związek ze światową strategią przeciwdziałania zmianom klimatycznym oraz zmniejszenia emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych do atmosfery. Pozyskiwanie energii w biogazowniach rolniczych rozwiązuje problem składowania odpadów (pochodzące z owoców i warzyw, a także: wywar pogorzelnicy, obornik, gnojowica oraz odpady z przemysłu mleczarskiego), ograniczając jednocześnie emisję do atmosfery wysokich stężeń metanu pochodzących z fermentacji wolno składowanej biomasy. Wykorzystanie biometanu i biogazu w całym procesie stanowi ogromną szansę na osiągnięcie zakładanych przez Komisję Europejską celów redukcji emisji do roku 2050. Przygotowanie inwestycji służącej produkcji i wykorzystaniu biogazu to zadanie złożone, jak również wymagające szerokiej, specjalistycznej wiedzy [Curkowski i in. 2009].

Wytwarzany biogaz jest mieszaniną gazów, która powstaje w wyniku rozkładu materii organicznej w warunkach beztlenowych. Produkcja biogazu jest procesem naturalnie występującym w przyrodzie. Biometan wydzielany jest przez zwierzęta przeżuwające w procesie trawienia treści pokarmowej, a także powstaje w wyniku fermentacji zachodzącej na polach ryżowych.

Proces produkcji biometanu występuje również w biogazowni. Tym razem jednak jest to celowy, sztucznie kontrolowany zabieg, objęty szczególnymi wytycznymi. Dzięki nadzorowi technologicznemu nad procesem zachodzi on znacznie szybciej i z większą intensywnością. Powstały biogaz z instalacji biogazowej wykorzystywany jest jako źródło ciepła w silnikach kogeneracyjnych oraz jako źródło energii elektrycznej. Biometan po oczyszczeniu może stanowić rodzaj paliwa użytkowanego w pojazdach lub też być

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Studenckie Koło Naukowe Ekoenergetyków, kasiakozlowska010@gmail.com

użytkowany w sieci gazowej. W Polsce biogaz pochodzenia rolniczego stanowi marginalny udział w bilansie energetycznym kraju. Według danych Instytutu Energetyki Odnawialnej w realizacji znajduje się obecnie kilkaset projektów biogazowni rolniczych na różnym stopniu rozwoju, toteż wkrótce można będzie spodziewać się oddania do użytku kolejnych obiektów. Szczególny rozwój na rynku biogazowni można zauważyć w Niemczech. Tam technologia biogazu jest wykorzystywana na szeroką skalę. Świadczy o tym liczba instalacji, która w roku 2020 wynosiła, aż 10 000. Mimo obserwowanego wzrostu popularności tego typu rozwiązania w Polsce znajduje się obecnie niewiele ponad 100 biogazowni rolniczych [Lewicki i Dach 2021].

Celem niniejszego artykułu jest ocena redukcji emisji gazów cieplarnianych dzięki zastąpieniu paliw kopalnych energią z biogazu, a także zmian w doborze substratów dla biogazowni rolniczych w latach 2011–2020.

Metody analiz

Sformułowane powyżej cele zostały zrealizowane w oparciu o dwa etapy. Pierwszy obejmował obliczenia redukcji emisji zgodnie z metodyką zalecaną przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. W drugim etapie przeprowadzono analizę danych (dotyczących zużytych substratów) publikowanych przez Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa.

Wyniki badań i dyskusja

Biogazownie rolnicze – zasada działania

W celu jak najlepszego przybliżenia tematyki redukcji emisji gazów cieplarnianych za pomocą produkcji biogazu należy na początku poznać ogólne zasady działania biogazowni.

Elektrownie biogazowe można podzielić ze względu na miejsce ich występowania, a także na rodzaj substratu, z którego pozyskiwana jest energia. Wyróżnia się biogazownie rolnicze, a także budowane przy oczyszczalniach ścieków czy składowiskach odpadów.

W obiektach zwanych komorami fermentacyjnymi przeprowadzany jest proces fermentacji beztlenowej. Aby ona była możliwa, należy przede wszystkim prowadzić regularne dostawy substratów. Biogazownie rolnicze pracują na szerokiej gamie różnego typu substancji – od biomasy plonów roślin energetycznych przez odpady z produkcji rolnej aż po odpady z przemysłu spożywczego (tzw. *refood*).

Proces fermentacji metanowej obejmuje cztery występujące po sobie fazy:

1. Hydroliza – enzymy bakterii hydrolitycznych powodują rozkład substancji organicznych na substancje proste: aminokwasy, kwasy tłuszczowe oraz monosacharydy;
2. Kwasogenezę – bakterie metabolizują produkty hydrolizy do lotnych kwasów tłuszczowych, etanolu i produktów gazowych;

3. Octanogeneza – bakterie rozkładają lotne kwasy tłuszczowe do kwasu octowego, dwutlenku węgla i wodoru;

4. Metanogeneza – następuje przemiana kwasu octowego do metanu i dwutlenku węgla [Kwaśny i in. 2012].

Ważne w produkcji biogazu jest utrzymanie odpowiedniej temperatury wewnątrz biogazowni. Zbyt niska lub też zbyt wysoka temperatura podczas procesu fermentacji może obniżyć jego efektywność bądź całkowicie ten proces zatrzymać. W tym celu stosuje się mieszanie substratu znajdującego się w komorze fermentacyjnej. Umożliwia to uniknięcie tworzenia się miejsc przegrzanych i niedogranych, a także daje pewność, że bakterie gnilne mają kontakt z wykorzystywanym substratem [Grygier i in. 2018].

Powstały w wyniku fermentacji beztlenowej biogaz ulega uzdatnieniu i może być wprowadzany do sieci gazowej lub też używany w silnikach pojazdów. Z kolei biogaz, który uległ kogeneracji, może być wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i energii cieplnej.

Poferment w produkcji nawozów

Wszelkiego rodzaju pozostałości po fermentacji cechują się dobrą wartością nawozową, zbliżoną do nawozów naturalnych. Występujące różnice zależą od surowców stosowanych w procesie produkcji biogazu. Ogólnie przyjęto, że poferment jest substancją uboczną powstającą w procesie fermentacji i może stanowić swoistą alternatywę dla sztucznych nawozów wykorzystywanych w rolnictwie [Piątek i Bartkowiak 2019]. Masa pofermentacyjna umożliwia szybki i skuteczny wzrost roślin, gdyż zawiera cenne związki mineralne, takie jak azot (N), potas (K) oraz fosfor (P). Ponadto stosowanie pofermentu zamiast nawozów sztucznych zmniejsza emisję gazów cieplarnianych związaną z wykorzystywaniem i składowaniem nawozów mineralnych. Przyjmuje się, że zastąpienie nawozów pochodzenia mineralnego toną pofermentu zmniejsza emisję dwutlenku węgla (CO₂) o 41,8 kg przy założeniu, że poferment w 1 m³ zawiera 5,5 kg N oraz 2,6 kg P₂O₅ i 5,2 kg K₂O [Kowalczyk-Juśko i Szymańska 2015].

Wytwórcy biogazu, których poferment spełni konkretne wytyczne określone przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, może uzyskać status nawozu, którego stosowanie jest dopuszczalne w gospodarstwach ekologicznych, co świadczy o bezpieczeństwie używania tego rodzaju nawożenia gleby pod uprawę.

Redukcja emisji zgodnie z metodyką zalecaną przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami – obliczenia

Dokładne obliczenia emisji zanieczyszczeń ze spalania różnego rodzaju paliw można poczynić przy pomocy konkretnych wzorów i danych podanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami [Zespół Zarządzania... 2022]. Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji na podstawie wskaźnika emisji na energię chemiczną wprowadzoną w paliwie ma następującą postać:

$$E = \frac{B * W_o * EF}{1000} \quad (1)$$

gdzie:

E – emisja substancji [kg]

B – zużycie paliwa [Mg],
 W_o – wartość opałowa [kJ/kg paliwa],
 EF – wskaźnik emisji [g/GJ energii chemicznej zawartej w paliwie].

W tabeli 1 widoczne są wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania stałych paliw kopalnych (węgiel) dla źródeł spalania o nominalnej mocy cieplnej $>0,5$ MW i ≤ 5 MW.

Tabela 1. Zestawienie wskaźników emisji zanieczyszczenia powietrza przy spalaniu węgla [KOBIZE 2022]

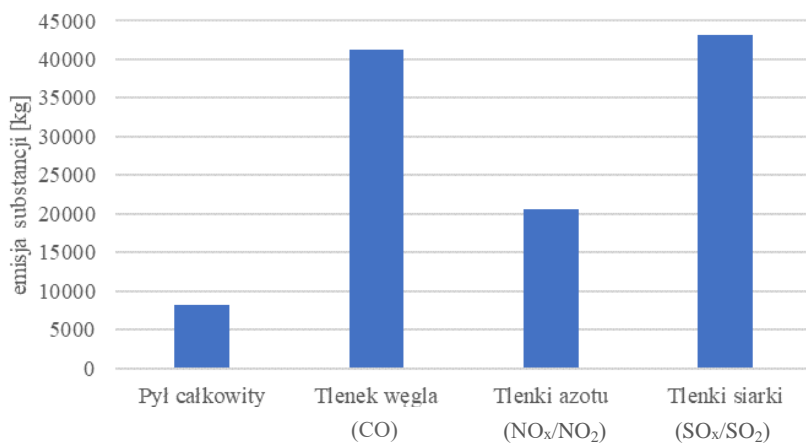
Lp.	Zanieczyszczenie	Wskaźnik emisji [g/GJ]
1.	Pył całkowity	80
2.	Dwutlenek węgla (diltlenek węgla, CO ₂)	97800
3.	Tlenek węgla (CO)	400
4.	Tlenki azotu (NO _x /NO ₂)	200
5.	Tlenki siarki (SO _x /SO ₂)	418

Do przeprowadzenia oceny redukcji emisji, dzięki zastąpieniu paliw kopalnych energią z biogazu, przyjęto dane dotyczące biogazowni: moc 1 MW i czas pracy 8000 godzin rocznie. Wynika z tego, że dana biogazownia produkuje 8000 MWh energii elektrycznej. Można założyć, że istnieje kocioł służący do spalania węgla o takich samych parametrach pracy jak biogazownia.

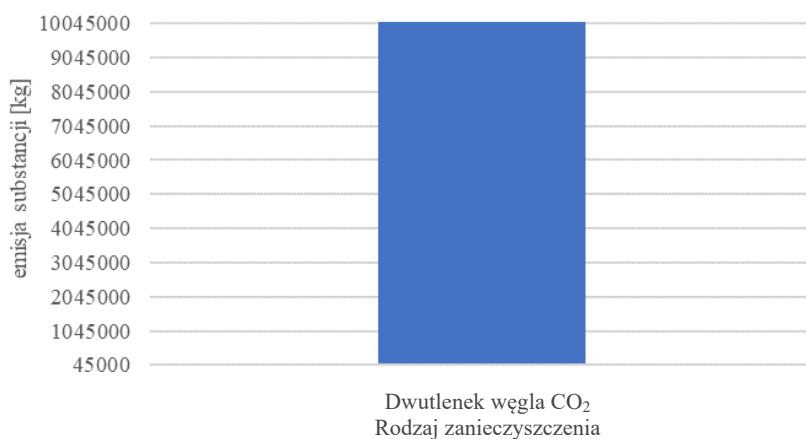
Tabela 2. Emisja zanieczyszczeń ze spalania węgla w kotle węglowym w ciągu roku

Lp.	Zanieczyszczenie	Emisja substancji
1.	Pył całkowity	8256
2.	Dwutlenek węgla (diltlenek węgla, CO ₂)	10 092 960
3.	Tlenek węgla (CO)	41 280
4.	Tlenki azotu (NO _x /NO ₂)	20 640
5.	Tlenki siarki (SO _x /SO ₂)	43 137,6

Dane z tabeli 2 zostały przedstawione na dwóch wykresach kolumnowych (ryc. 1 i 2), aby jak najdokładniej zobrazować poziom zanieczyszczeń pochodzących ze spalania węgla.



Ryc. 1. Poziom emisji zanieczyszczeń ze spalania węgla: pył całkowity, CO, NO_x/NO₂ oraz SO_x/SO₂

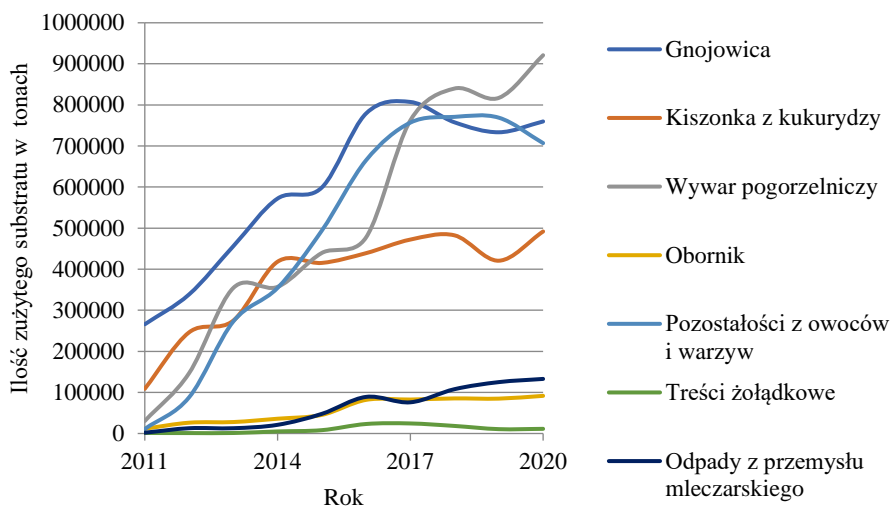


Ryc. 2. Poziom emisji zanieczyszczeń ze spalania węgla: CO₂

Zmiany doboru substratów w biogazowniach w Polsce na przestrzeni lat

Można powiedzieć, że biogazownia to swoista farma bakterii, dlatego trzeba jej stworzyć jak najlepsze warunki do funkcjonowania. Wymaga to dostarczenia jej wszelkich potrzebnych składników odżywczych: węglowodanów, białek oraz tłuszczów. Wykres na rycinie 3 prezentuje sposób, w jaki zmieniała się ilość zużytych substratów na przestrzeni ostatniej dekady. Wskazane na nim substraty można podzielić na trzy grupy:

z upraw celowych (kiszonka z kukurydzy), odpady z różnego rodzaju przetwórstw (wywar pogorzelniczny, pozostałości z owoców i warzyw czy odpady z przemysłu mleczarskiego) oraz z chowu zwierząt (gnojowica, obornik, treści żołądkowe).



Ryc. 3. Zmiana doboru substratów w biogazowniach w Polsce w latach 2011–2020 [KOWR 2011–2020]

Tabela 3. Ilościowy udział poszczególnych grup substratów zużytych w biogazowniach w Polsce [KOWR 2011–2020]

Lp.	Rodzaj użytego substratu	2011 [tony]	2020 [tony]
1.	Kiszonka z kukurydzy	108 876,62	491 869,60
2.	Odpady z chowu zwierząt	278 879,62	862 803,11
3.	Odpady przemysłowe	43 382,46	1 760 850,68

Tabela 4. Procentowy udział poszczególnych grup substratów zużytych w biogazowniach w Polsce [KOWR 2011–2020]

Lp.	Rodzaj użytego substratu	2011 [%]	2020 [%]
1.	Kiszonka z kukurydzy	25	16
2.	Odpady z chowu zwierząt	65	28
3.	Odpady przemysłowe	10	57

Początkowo substratem najchętniej wykorzystywanym w biogazowniach była kukurydza [Ginalski 2011]. Wraz z upływem lat struktura wykorzystywanego substratu ulegała zmianie. Już w 2017 roku zauważono, że preferowanym kierunkiem powinno być zwiększenie udziału produktów ubocznych [Gradziuk 2017].

Podsumowanie

Przeprowadzając analizę danych zestawionych w tabeli 2, można zauważyć, że poziom związków chemicznych wydostających się do atmosfery w wyniku spalania węgla jest bardzo wysoki. Zdecydowanie najwyższą emisją odznacza się dwutlenek węgla. Zanieczyszczenie to zostało umieszczone na osobno na rycinie 2, aby jak najdokładniej zobrazować wysoki wskaźnik emisyjności konkretnego gazu cieplarnianego. Dane przedstawione na rycinie 1 obrazują skalę emisji takich gazów, jak tlenki siarki, tlenek węgla oraz tlenki azotu, a także poziom emisji pyłu całkowitego.

Biorąc pod uwagę analizę liczb obrazujących poziom emisji destrukcyjnych dla atmosfery ziemskiej związków chemicznych powstających w wyniku spalania węgla, można ocenić, że wizja przyszłości zdominowanej przez wykorzystanie konwencjonalnych źródeł energii jest wręcz nie do przyjęcia. Szczególny niepokój budzi wysokość emisji dwutlenku węgla, czyli jednego z głównych gazów powodujących zjawisko ocieplania się klimatu. Warto zwrócić uwagę na to, że głównym źródłem obecności CO oraz SO₂ w atmosferze ziemskiej są ludzie i efekty ich działań.

Z poczynionych obliczeń wynika, że już jedna biogazownia w ciągu jednego roku efektywnej pracy może ograniczyć ilość danych zanieczyszczeń łącznie o ponad 10 mln kg. Prowadzi to do konkluzji, że dzięki rozwojowi na rynku biogazowni można zdecydowanie ograniczyć poziom emisji szkodliwych substancji.

Jak wynika z przeglądu literatury, zmieniała się struktura wykorzystania substratów. Początkowo w polskich biogazowniach rolniczych używano kiszonki z kukurydzy, a także odpadów pochodowlanych, takich jak gnojowica świńska oraz bydłęca [Czekała i in. 2013]. Z kolei na przestrzeni lat zaczęto ograniczać używanie substratów celowych, zastępując je pozostałościami z przetwórstwa owocowo-warzywnego [Gostomczyk 2017].

Obecnie analiza zestawienia danych zawartych w tabeli 4 wskazuje na spadek procentowego udziału celowych upraw kukurydzy, natomiast można zaobserwować znaczący wzrost procentowy wykorzystania odpadów przemysłowych. Na podstawie danych wskazanych na rycinie 3 można zauważyć, że zaczęto wykorzystywać na szerszą skalę gnojowicę, zastępując przodujący dotychczas wywar pogorzelniczny. Mimo to ten ostatni nadal jest chętnie stosowany do produkcji biogazu. Ponadto w biogazowniach używa się takich substratów, jak pozostałości z przemysłu mleczarskiego, obornik czy treści żołądkowe.



Poddając analizie dotychczasowe dane, można dojść do wniosku, że w polskich biogazowniach coraz częściej i na szerszą skalę będą używane odpady z przetwórstwa rolno-spożywczego. Można także przypuszczać, że rozwinię się sektor biogazowni pracujących jedynie na substratach odpadowych [Dach i in. 2019]. Zależność taka może wynikać ze znacząco niższej ceny substratów odpadowych oraz dodatkowo możliwości uzyskania korzyści finansowych płynących z utylizacji tych odpadów.

Reasumując dotychczasowe rozważania, można stwierdzić, że proces produkcji energii z biogazu posiada wiele zalet – nie tylko ogranicza emisję gazów cieplarnianych, ale także wykorzystuje poferment jako naturalny i ekologiczny nawóz. Ponadto proces produkcji biogazu pozwala na wykorzystanie odpadów pochodzących z różnych sektorów przemysłu spożywczego i rolniczego. W ogólnym rozrachunku można stwierdzić, że zwiększenie liczby biogazowni rolniczych przyniesie korzyści zarówno energetyczne, środowiskowe, jak i rolnicze.

Bibliografia

- Curkowski A., Mroczkowski P., Oniszk-Popławska A., Wiśniewski G., 2009. Biogaz rolniczy – produkcja i wykorzystanie. Mazowiecka Agencja Energetyczna Sp. z o.o., Warszawa.
- Czekała W., Mazur R., Pilarski K., Witaszek K., 2013. Zasady doboru substratów do biogazowni rolniczej. Instal, 5, 15.
- Dach K., Do Carmo I.E.P., Mazurkiewicz J., Pulka J., 2019. Potencjał biogazu rolniczego na tle innych rodzajów OZE. Tech. Rol. Ogrod. Leśna, 2, 16.
- Ginałski Z., 2011, Substraty dla biogazowni rolniczych. Centrum Doradztwa Rolniczego Oddział Radom, 1.
- Gostomczyk W., 2017. Stan i perspektywa rozwoju rynku biogazu w UE i Polsce – ujęcie ekonomiczne. Zesz. Nauk. SGGW w Warszawie – Probl. Rol. Świat., 17(2), 48–64, <https://doi.org/10.22630/PRS.2017.17.2.26>
- Gradziuk P., 2017. Potencjał i prognozy wykorzystania biogazu rolniczego w Polsce. Roczn. Nauk. Stow. Ekonom. Rol. Agrobiz., 19(3), 64.
- Grygier S., Idziak P., Jędrzejczak M., 2018. Energetyczne wykorzystanie odpadów poprodukcyjnych powstających w dużych fermach hodowli bydła. Infrastr. Ekol. Ter. Wiejskich, <https://doi.org/10.14597/INFRAECO.2018.1.1.002>
- Kowalczyk-Juśko A., Szymańska M., 2015. Poferment nawozem dla rolnictwa. Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.
- KOWR, 2011. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2011 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/surowce_w_2011.pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2012. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2012 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Surowce_w_2012_r.pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2013. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2013 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Surowce_w_2013_r.pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2014. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2014 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Surowce_w_2014_r.pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2015. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2015 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Surowce_w_2015_r.pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2016. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2016 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Surowce_w_2016_r.pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2017. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2017 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Surowce_w_2017_r.pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2018. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2018 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Surowce_w_2018%20r.%20stan%20na%20dzie%20C5%84%2017.03.2020%20r..pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2019. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2019 roku, https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/surowce_2019r.pdf [dostęp: 24.03.2020].
- KOWR, 2020. Wykaz surowców zużytych do produkcji biogazu rolniczego w 2020 roku, <https://bip.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Surowce%20w%202020%20r..pdf> [dostęp: 24.03.2020].

- Kwaśny J., Banach M., Kowalski Z., 2012. Przegląd technologii produkcji biogazu różnego pochodzenia. *Czas. Tech.*, 17, 4.
- Lewicki A., Dach J., 2021. Kogeneracja biogazowa: potencjał i dobre przykłady. *Nowa Energia*, 1(77), 1.
- Obrycka E., 2014. Korzyści społeczne i ekonomiczne budowy biogazowni rolniczych. *Ekonom. Org. Gosp. Żywn.*, 107, 163–176.
- Piątek M., Bartkowiak A., 2019. Ocena wybranych właściwości fizykochemicznych gleby nawożonej masą pofermentacyjną. *Woda-Środ.-Obsz. Wiejskie*, 19, 1(65), 55–66.
- Zespół Zarządzania Krajową Bazą KOBiZE, 2022. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, zastosowane do automatycznego wyliczenia emisji w raporcie do Krajowej bazy za lata 2020 i 2021. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa.

Bartłomiej P. Woliński¹, Damian Zarajczyk¹, Krzysztof Skalski², Marianna Wacko²,
Marek Babicz³ , Kinga Kropiwiiec-Domańska³ 

Wpływ zrównoważonej produkcji świń na środowisko przyrodnicze na przykładzie gospodarstwa rodzinnego

The impact of sustainable pig production on the natural environment on the example
of a family farm

Zrównoważone rolnictwo to pojęcie o szerokim znaczeniu. Przede wszystkim jest to wykorzystanie zasobów naturalnych oraz technologii w taki sposób, aby chronić środowisko przyrodnicze, a jednocześnie zaspokoić obecne i przyszłe potrzeby społeczne [Głodowska i Gałązka 2017]. Rozwój zrównoważony wyznacza drogę prowadzenia rolnictwa tak, aby ograniczyć skutki uboczne, które mogą wpływać negatywnie na powietrze, wodę i glebę [Wrzaszcz 2012]. Koncepcja zrównoważonego rolnictwa jest realizowana w skali kraju, regionu, gminy i gospodarstwa na trzech płaszczyznach: ekonomicznej, społecznej i ekologicznej, wykorzystując jednocześnie dwa elementy, tj. zasoby naturalne i najnowsze osiągnięcia technologii [Stanny i Czarnecki 2011].

Produkcja zwierzęca jest powszechnie odbierana jako stały element zagrażający naturalnemu środowisku. W odniesieniu do bydła, drobiu i trzody chlewnej przybiera gospodarstw o intensywnym profilu produkcji, który ma duży wpływ na zanieczyszczenia gleby i wody [Augustyńska-Prejsnar i in. 2018]. W trakcie chowu świń powstają duże ilości związków azotu, fosforu, amoniaku i wielu zanieczyszczeń mikrobiologicznych, pochodzących głównie z odchodów zwierząt [Zwoździak i in. 2016]. Duże gospodarstwa koncentrują na małym obszarze znaczną liczbę zwierząt, co negatywnie wpływa nie tylko na ich dobrostan, ale również na środowisko przyrodnicze oraz okolicznych mieszkańców. Ponadto intensyfikacja rolnictwa przyczynia się do likwidacji małych gospodarstw rodzinnych, które pomimo osiągania niższych wskaźników produkcyjnych reprezentują szereg korzystnych cech, w tym pozytywny wpływ na bioróżnorodność zwierząt [Dudzińska i Kocur-Bera 2013]. Przykładem jest hodowla świń ras rodzimych tradycyjnie związana z tego typu jednostkami produkcyjnymi. Dotyczy to między innymi rasy puławskiej, która obecnie stanowi główną populację świń krajowych na terenie województwa lubelskiego.

Rasy rodzime mają duże znaczenie w wymiarze ekonomicznym rozwoju zrównoważonego, co wyraża się ich charakterystyczną wartością użytkową oraz specyfiką hodowli, która przekłada się na wyniki finansowe gospodarstw. Ponadto rasy te doskonale

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Studenckie Koło Naukowe Hodowli i Biotechnologii Świń, d.zarajczyk@wp.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Studenckie Koło Naukowe Hodowli i Biotechnologii Świń

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Hodowli Zwierząt i Doradztwa Rolniczego

wpisują się w trzeci wymiar produkcji zrównoważonej, tj. ekologiczny, gdyż system chowu tych zwierząt powinien mieć ograniczony wpływ na środowisko naturalne [Szulc 2011].

Wyróżnikiem gospodarstw rodzinnych jest to, że zróżnicowana i mniej ingerująca w środowisko forma uprawy roślin paszowych korzystnie wpływa na jakość gleby oraz gospodarowanie i jakość wód gruntowych. Należy jednak podkreślić, że rolnictwo zrównoważone ma na celu ochronę i dbanie o kondycję środowiska naturalnego przy jednoczesnym stałym rozwoju gospodarstw rolnych, co jest podstawowym warunkiem stabilności finansowej osób związanych z rolnictwem, w tym hodowlą i produkcją świń. W celu zachowania odpowiedniej równowagi w tym zakresie należy dopasowywać system rolnictwa w danym regionie do rzeczywistości społeczno-ekonomicznej, ale również zwrócić uwagę na poszczególne elementy produkcji świń. Jednym z nich jest system utrzymania i wynikająca z niego możliwość zagospodarowania odchodów oraz zawartego w nim azotu [Buczyńska i Szadkowska-Stańczyk 2010]. Związki azotu oraz fosforu, które są pobierane przez świnię w paszy, nie są w pełni wykorzystywane przez ich organizmy. Nawet 80% związków azotu i fosforu w postaci stałej, płynnej i gazowej trafia do powietrza, gleby i wody. Chów trzody chlewnej generuje również inne zanieczyszczenia wpływające negatywnie na środowisko. Powstający w procesie produkcji tuczników amoniak zakwasza biosferę, co prowadzi do zmian w ekosystemach, które skutkują wypieraniem roślinności przez gatunki azotolubne. Znaczny wzrost emisji gazów cieplarnianych (np. metan, dwutlenek węgla, amoniak, podtlenek azotu), nieodłącznie towarzyszącej produkcji świń, spowodowany jest intensyfikacją produkcji tego gatunku zwierząt w poszczególnych regionach Polski [Mroczek 2018].

Celem pracy była analiza wybranych elementów hodowli świń rasy puławskiej w gospodarstwie rodzinnym w odniesieniu do zasad rolnictwa zrównoważonego, ze szczególnym uwzględnieniem gospodarowania wodą, glebą i nawozami organicznymi.

Material i metody

Analizą objęto gospodarstwo rodzinne położone na terenie Lubelszczyzny, które prowadzi hodowlę świń rasy puławskiej w ramach programu ochrony zasobów genetycznych oraz produkuje tuczniaki czystorasowe i mieszańce z rasą wielką białą polską. W gospodarstwie utrzymywanych jest 60 loch i 2 knury rasy puławskiej oraz 1 knur rasy wielkiej białej polskiej. Wybór takiej wielkości stada reprodukcyjnego jest podyktowany uwarunkowaniami hodowli zachowawczej rasy puławskiej. Przyjmuje się, że stada liczące 60–70 loch są obecnie największymi w hodowli i produkcji tej rasy. Na podstawie obrotu stada wyliczono stan średnioroczny, który wynosił: lochy 60 szt., loszki 1 szt., knury 2 szt., prosięta 145 szt., warchlaki 139,4 szt., tuczniaki 423 szt. Wartości te wykorzystano do obliczenia zapotrzebowania na paszę, wodę, produkcji obornika i gnojowicy. Utrzymanie poszczególnych grup produkcyjnych świń w gospodarstwie jest zgodne z zasadami dobrostanu [Dz.U. 2010 nr 56 poz. 344 z późn. zm.]. Gospodarstwo posiada 44 ha użytków rolnych, z czego grunty orne liczą 42,30 ha. Na podstawie przeprowadzonego wywiadu bezpośredniego ustalono ogólne założenia produkcyjne świń, które przedstawiały się następująco: okres międzymiotu = 160 dni, w tym laktacja = 35 dni, częstotliwość oproszeń = 2,3, liczba prosiąt żywo urodzonych w miocie = 10,8 szt., upadki: prosiąt ssących 6%, warchlaków 2%, tuczniaki 0,5%, masa warchlaków w wieku 72 dni =

28 kg, masa tuczników przeznaczonych na sprzedaż = 115 kg, średnie przyrosty w okresie tuczu, tj. od 28 do 115 kg = 780 g, roczny remont loch = 20%, roczny remont knurów = 30%. Uzyskane informacje posłużyły do obliczenia stanu średniorocznego świń. Kolejno określono produkcję i zagospodarowanie obornika z uwagi na stosowany w gospodarstwie ściółkowy system utrzymania. Przedstawiono również alternatywę utrzymania bezściółkowego z możliwością zagospodarowania gnojowicy, gdyż taki system utrzymania jest obecnie uznawany za najmniej pracochłonny i może być wprowadzony w ramach modernizacji gospodarstwa. Kolejnym elementem było ustalenie rocznego zapotrzebowania na paszę i wodę. Wskazane parametry uwzględniono z uwagi na to, że intensywna uprawa zbóż oraz wykorzystanie określonej ilości wody żywniowej dla zwierząt i na cele technologiczne ma istotne znaczenie dla środowiska przyrodniczego regionu, w którym znajduje się chlewnia. Dienne dawki pasz pełnoporcjowych ustalono na podstawie danych zawartych w „Normach żywienia świń” [Grela i Skomial 2020], a zapotrzebowania na wodę żywniową i technologiczną przyjęto zgodnie z normami przyjętymi ustawowo [Dz.U. 2002 nr 8 poz. 70]. Dla wody technologicznej zastosowano współczynnik 0,4 właściwy dla całego podłoża zaścielenego i rusztowego [Lenard 1993].

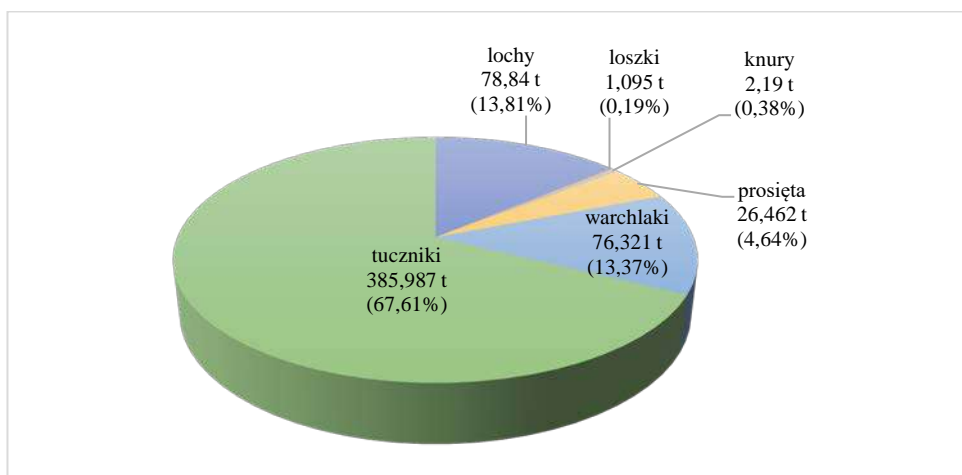
Roczną produkcję obornika, gnojówki i gnojowicy oraz azotu oszacowano, przyjmując przeliczniki zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 18 maja 2005 r. [Dz.U. 2005 nr 93 poz. 780]. Do obliczenia ilości wyprodukowanego azotu w gospodarstwie przyjęto współczynniki według norm zawartych w ustawie o prawie wodnym dotyczącej przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” [Dz.U. 2018 poz. 1339]. Przyjmując, że maksymalna dawka azotu na 1 ha wynosi 170 kg, obliczono wielkość powierzchni użytków rolnych niezbędną do zagospodarowania azotu wytworzonego w produkcji świń w gospodarstwie.

Wyniki i omówienie

Obliczono, że średnioroczny stan świń wszystkich grup produkcyjnych wynosił 770,40 sztuk, co w odniesieniu do dużych jednostek przeliczeniowych (DJP) miało wartość 93,82. Stąd można je zakwalifikować do grupy o średniej produktywności, jaka charakteryzuje gospodarstwa rodzinne [Dz.Urz. UE L 334/17].

Ważnym elementem jakości etycznej hodowli i chowu świń w gospodarstwach rodzinnych jest produkcja roślin na paszę i jej wpływ na gospodarkę wodno-glebową. Pasza stanowi nawet 75% wszystkich nakładów na produkcję trzody chlewnej, a jednocześnie jej jakość decyduje o wynikach chowu [Pawłowski i in. 2020].

W badaniach własnych ustalono, że roczne zapotrzebowanie na paszę w gospodarstwie wynosi 570,896 ton, z czego 68% zostało przeznaczonych dla tuczników (ryc. 1).



Ryc. 1. Roczne zapotrzebowanie poszczególnych grup produkcyjnych na paszę w gospodarstwie w skali roku

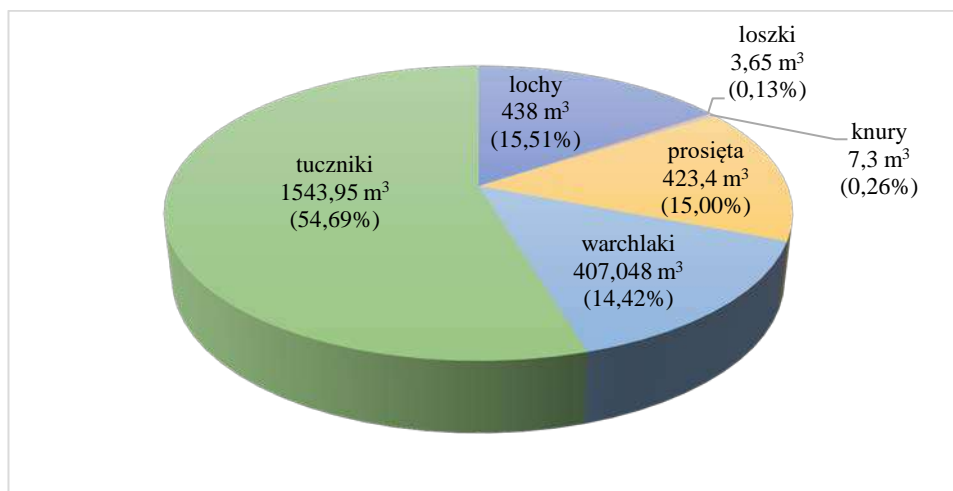
Oznacza to, że w ciągu roku świnie rosnące w gospodarstwie zużywają do przyrostu masy ciała około 489 ton paszy, z czego znaczna część jest wydalana w postaci odchodów zawierających azot.

Zużycie tak dużej ilości pasz wpływa także na intensyfikację upraw w analizowanym gospodarstwie, którego powierzchnia gruntów ornych nie jest w stanie pokryć całkowitego zapotrzebowania na surowce potrzebne do ich produkcji. Z uwagi na konieczność osiągnięcia jak najlepszej wydajności roślin przeznaczonych do produkcji pasz wymagane jest stosowanie zwiększonych dawek nawozów zawierających azot na 1 ha. Dodatkowo zintensyfikowana uprawa wymaga zastosowania większej ilości środków ochrony roślin w celu maksymalnego ograniczenia zachwaszczenia oraz działania szkodników i drobnoustrojów chorobotwórczych wpływających na produktywność. W rezultacie jest to kolejny czynnik obciążający środowisko naturalne, zwiększający emisję azotu i szkodliwych substancji chemicznych [Kołodziejczyk i Szmigiel 2014].

Odpowiednia modyfikacja żywienia redukuje wydalanie azotu. Dlatego w praktyce stosuje się ograniczenie ilości białka ogólnego w żywieniu poprzez precyzyjne bilansowanie dawki pokarmowej. W tym celu modyfikuje się jej skład, wykorzystując dodatek aminokwasów syntetycznych, takich jak metionina, lizyna, treonina, arginina, tryptofan, poprawiających wartość pokarmową i wykorzystanie poszczególnych składników. Używane są również enzymy odpowiadające za rozkład związków białkowych paszy niedostępnych dla świń, a także niektóre kwasy organiczne o podobnym działaniu. Taka pasza jest w rezultacie droższa, ale znacznie zmniejsza się jej zużycie, co w dużym stopniu kompensuje wzrost kosztów. W efekcie można uzyskać redukcję azotu o 10–15% z ogólnej ilości wydalanej przez zwierzęta do środowiska [Walczak i in. 2019].

Bardzo ważnym elementem w chowie świń jest woda. Wykorzystuje się ją nie tylko do pojenia (woda żywieniowa), ale jest również niezbędna przy działaniach technologicznych, w tym do zapewnienia higieny chlewni. Jakość i temperatura wody mają znaczący wpływ na codzienne przyrosty masy ciała trzody chlewnej, apetyt, wydajność mleczną loch karmiących oraz dobrostan zwierząt [Latała i Malaga-Toboła 2010].

Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazano, że gospodarstwo zużywa 2823,348 m³ wody rocznie (ryc. 2). Część wody zostaje wydaloną przez zwierzęta w postaci odchodów – te trafiają do obornika lub gnojowicy, a część wraz z wydychanym powietrzem. W tym aspekcie, aby ograniczyć straty wody z organizmu, należy zapewnić odpowiednie warunki termiczno-wilgotnościowe poprzez zastosowanie sprawnej wentylacji dostosowanej do warunków mikroklimatycznych [Grela i in. 2009].



Ryc. 2. Roczne zużycie wody w poszczególnych grupach produkcyjnych w gospodarstwie w skali roku

Obornik to nawóz organiczny powstający z odchodów zmieszanych ze ściółką (najczęściej słomą). Utrzymanie ściółkowe jest obecnie najpopularniejsze w gospodarstwach rodzinnych utrzymujących świnie, dzięki czemu podnosi się poziom dobrostanu zwierząt, jakkolwiek utrzymanie to jest uznawane za bardzo pracochłonne [Pawłowski i in. 2020].

Obornik jest wykorzystywany jako nawóz w uprawie roślin. Przy stosowaniu zgodnym z normami nawożenia nawóz w postaci obornika ma korzystny wpływ na strukturę ziemi i nie oddziałuje negatywnie na środowisko [Gondek 2012]. W oborniku zawartość biogennych związków może ulegać zmianom, co jest spowodowane zmieniającymi się warunkami pogodowymi, które również w Polsce przebiegają w sposób gwałtowny i trudny do przewidzenia [Krawczyk i in. 2010]. Pochodzący od trzody chlewnej obornik cechuje się dużym poziomem zawartości azotu organicznego, który jest mniej dostępny dla roślin i słabiej rozkładany przez ureazę w porównaniu z gnojowicą [Augustyńska-Prejsnar i in. 2018].

W analizowanym gospodarstwie w ciągu roku powstaje średnio 1331,34 ton obornika (tab. 1). Najliczniejsza grupa technologiczna, czyli tuczniki, wytwarza 1057,5 ton, co stanowi aż 79% rocznej produkcji obornika w gospodarstwie. W skali roku, w przeliczeniu na jedną sztukę, najwięcej produkują lochy – 3,7 tony obornika, niewiele mniej knury – 3,2 tony na rok.

Rozwój intensywnego chowu i hodowli trzody chlewnej w ostatnich latach oraz zmiana wielkości i obsady ferm produkcyjnych przyczyniły się do przejścia na bezściółkowy system utrzymania zwierząt. Czynnikiem warunkującym takie rozwiązanie to mała pracochłonność i dobra alternatywa dla gospodarstw posiadających ograniczony dostęp do ściółki. Ubocznym produktem bezściółkowego systemu utrzymania zwierząt jest gnojowica, czyli płynna mieszanina kału, moczu i wody. Jest ona wartościowym nawozem, ponieważ zawarte w niej azot, fosfor i potas występują w formach łatwo przyswajalnych dla roślin. Jednak stosowanie jej w nadmiarze lub w niewłaściwych okresach agrotechnicznych może spowodować poważne zanieczyszczenie środowiska. Przede wszystkim chodzi o przenikanie do gleb azotu, który w dużych ilościach znajduje się w gnojowicy [Szczepaniak 2017].

Tabela 1. Produkcja obornika i gnojowicy obliczona dla analizowanego gospodarstwa

Grupa	Roczna produkcja			
	obornika (t/szt.)	ogółem obornika (t)	gnojowicy (m ³ /szt.)	ogółem gnojowicy (m ³)
Lochy	3,7	222,0	4,6	276
Loszki	2,5	2,5	3,5	3,5
Knury	3,2	6,4	4,6	9,2
Prosięta	0,2	29,0	0,5	72,5
Warchlaki	0,1	13,9	1,7	237
Tuczniki	2,5	1057,5	3,5	1480,5
Razem	–	1331,34	–	2078,7

W odniesieniu do analizowanego gospodarstwa wykonano również obliczenia dla ewentualnej produkcji świń w systemie bezściółkowym. Wykazano, że w gospodarstwie w roku powstawałoby średnio 2078,7 m³ gnojowicy. Najliczniejsza grupa technologiczna, czyli tuczniki, wytwarzałyby 1480,5 m³, co stanowi 71% rocznej produkcji gnojowicy w gospodarstwie. W skali roku, w przeliczeniu na jedną sztukę, najwięcej produkowałyby lochy i knury – 4,6 m³.

Do prawidłowego składowania nawozów naturalnych używa się płyt obornikowych i zbiorników na gnojowicę, które zapobiegają przedostawaniu się zanieczyszczeń do gleby i wód gruntowych [Makara i in. 2017]. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że analizowane gospodarstwo powinno być wyposażone w płytę obornikową o minimalnej powierzchni 126,657 m². Opcjonalnie zbiornik na gnojowicę przy zachowaniu standardów ochrony środowiska powinien mieć pojemność 1039,35 m³.

Duże ilości nawozów naturalnych wytwarzane w procesie chowu świń oraz ich niewłaściwe przechowywanie i zastosowanie mają negatywny wpływ na środowisko. Głównym składnikiem stanowiącym zagrożenie jest zawarty w nich azot. Jego ilość w nawozach pochodzenia zwierzęcego zależy przede wszystkim od sposobu żywienia oraz ilości wody używanej do celów technologicznych [Bednarek i in. 2010]. Stwierdzono, że azot znajdujący się w oborniku jest w mniejszym stopniu wykorzystywany przez rośliny niż gnojowica, jakkolwiek obornik ma korzystniejszy wpływ na żyzność gleb [Pilarzka i in. 2014].

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 2, roczna produkcja azotu zawartego w oborniku w badanym gospodarstwie wyniosła około 6,8 tony. Największe ilości azotu w oborniku wytworzyły tuczniaki, tj. około 5,4 tony. Stanowiło to 79% ogółu azotu wyprodukowanego w ciągu roku.

Tabela 2. Roczna produkcja azotu w gospodarstwie

Grupa	Roczna produkcja obornika (t)	Roczna produkcja N (kg)	Roczna produkcja gnojowicy (m ³)	Roczna produkcja N (kg)
Lochy	222,0	1132,2	276	1159,2
Loszki	2,5	12,7	3,5	12,6
Knury	6,4	32,6	9,2	42,3
Prosięta	29,0	147,9	72,5	101,5
Warchlaki	13,9	71,1	237	379,2
Tuczniaki	1057,5	5393,2	1480,5	5329,8
Razem	1331,34	6789,8	2078,7	7024,6

Przestrzeganie zasad zrównoważonego rolnictwa sprawia, że poprzez nawożenie nie wywiera się negatywnego wpływu na pola uprawne i otaczające je środowisko. Jedną z tych zasad jest wyliczenie powierzchni użytków rolnych, tak aby w bezpieczny sposób można było zagospodarować azot powstający w procesie chowu świń. Należy podkreślić, że zbyt duża koncentracja azotu w powietrzu, glebie i wodzie ma negatywny wpływ na środowisko naturalne oraz zagraża zdrowiu ludzi i zwierząt [Jankowiak i in. 2010].

Jak wyliczono, powierzchnia gruntów rolnych potrzebna do bezpiecznego zagospodarowania azotu z obornika w analizowanym gospodarstwie wynosi 39,94 ha. Z danych o gospodarstwie wynika, że w jego dyspozycji pozostaje 42,3 ha, co zgodnie z zasadami zrównoważonego rolnictwa pozwala na prowadzenie bezpiecznej dla środowiska produkcji świń. Dodatkowo według obliczeń powierzchnia użytków rolnych niezbędna do ewentualnego zagospodarowania azotu wytworzonego z gnojowicy w gospodarstwie wynosi 41,32 ha. Pozwala to na jej wykorzystanie w gospodarstwie bez przekraczania dopuszczalnych dawek azotu na 1 ha. Uzyskane nawozy naturalne pozwalają zredukować koszty produkcji związane z zakupem nawozów sztucznych, które w odróżnieniu od nawozu naturalnego w większym stopniu przyczyniają się do degradacji gleby i wód.

Analizowane gospodarstwo jest typowym dla terenu województwa lubelskiego gospodarstwem rodzinnym. Wykazano, że zagospodarowanie azotu pochodzącego z nawozów naturalnych jest prawidłowe, pozostając w granicach norm przyjętych ustawowo, i w pełni pokrywa zapotrzebowanie uprawianych roślin na ten składnik. Wyliczono również, że roczne zużycie wody w produkcji świń nie przekracza przyjętych norm. Oznacza to, że gospodarstwo w tym zakresie prowadzi produkcję świń zgodnie z zasadami zrównoważonego rolnictwa.

Bibliografia

- Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z., Topczewska J., Lechowska J., 2018. Oddziaływanie ferm trzody chlewnej i drobiu na środowisko. *Proc. ECOpole*, 12(1), 117–129, [https://doi.org/10.2429/proc.2018.12\(1\)011](https://doi.org/10.2429/proc.2018.12(1)011)
- Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S., 2010. Zawartość suchej masy i makroelementów w nawozach naturalnych z regionu Lubelszczyzny. *Acta Agroph.*, 16(1), 5–13.
- Buczyńska A., Szadkowska-Stańczyk I., 2010. Problemy higieny pracy i zagrożenia zdrowotne towarzyszące intensywnej produkcji trzody chlewnej. *Med. Pr.*, 61(3), 323–331.
- Dudzinska M., Kocur-Bera K., 2013. Definicja małego gospodarstwa rolnego. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiejskich*, 1(4), 17–30.
- Dz.U. 2002 nr 8 poz. 70. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody.
- Dz.U. 2005 nr 93 poz. 780. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 maja 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków i trybu udzielania pomocy finansowej na dostosowanie gospodarstw rolnych do standardów Unii Europejskiej objętej planem rozwoju obszarów wiejskich.
- Dz.U. 2010 nr 56 poz. 344 z późn. zm. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 15 lutego 2010 r. w sprawie wymagań i sposobu postępowania przy utrzymywaniu gatunków zwierząt gospodarskich, dla których normy ochrony zostały określone w przepisach Unii Europejskiej.
- Dz.U. 2018 poz. 1339. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu.
- Dz.Urz. UE L 334/17. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. W sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola).
- Głodowska M., Gałązka A., 2017. Wpływ rolnictwa ekologicznego na środowisko w koncepcji rozwoju zrównoważonego. *Wiś Roln.*, 2(175), 147–165.
- Gondek K., 2012. Effect of fertilization with farmyard manure, municipal sewage sludge and compost from biodegradable waste on yield and mineral composition of spring wheat grain. *J. Elem.*, 2, 231–245, <https://doi.org/10.5601/jelem.2012.17.2.06>
- Grela E.R., Pastuszek J., Bloch U., 2009. *Poradnik nowoczesnego żywienia świń. Zalecenia dla praktyki*. SRRiL Progress, Lublin.
- Grela E.R., Skomial J., 2020. *Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Normy żywienia świń*, wyd. III uzup. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN.
- Jankowiak J., Bienkowski J., Kolka M., 2010. Wpływ intensywności produkcji rolnej na emisję azotu do środowiska. *Rocz. Nauk. Stow. Ekon. Rol. Agrobiz.*, 12(1), 65–69.
- Kołodziejczyk M., Szmigiela A., 2014. Wpływ intensywności technologii uprawy na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 31(3), 75–84.
- Krawczyk W., Walczak J., 2010. Potencjał biogeny obornika jako źródło emisji amoniaku i zagrożenia środowiska. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 37, 2, 187–193.
- Latała H., Malaga-Toboła U., 2010. Ekologiczne aspekty wykorzystywania energii promieniowania słonecznego w produkcji zwierzęcej. *Inż. Rol.*, 3(121), 111–117.
- Lenard J., 1993. *Budownictwo wiejskie*. SGGW, Warszawa.
- Makara A., Kowalski Z., Fela K., 2017. Zagospodarowanie substancji pofermentacyjnej w aspekcie bezpieczeństwa ekologicznego. W: *Technika, informatyka, inżynieria bezpieczeństwa*. Prace naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, 5, 177–190.
- Mroczek K., Rudy M., Stanisławczyk R., Mroczek J.R., 2018. Produkcja i konsumpcja mięsa w aspekcie zrównoważonego rozwoju. *Pol. J. Sust. Dev.*, 22(2), 101–108, <https://doi.org/10.15584/pjsd.2018.22.2.12>

- Pawłowski R., Wójcik A., Bugnacka D., Woźniakowski G., Kozera W., Karpiesiuk K., 2020. Podstawowe zagadnienia w zakresie chowu i hodowli trzody chlewnej – aktualne problemy i nowe wyzwania. WMODR, Olsztyn, 7–131.
- Pilarska A., Pilarski K., Dach J., Boniecki P., Dobrzański K., 2014. Nowoczesne metody oraz perspektywy zagospodarowania nawozów naturalnych. *Tech. Rol. Ogrod. Leśna*, (2).
- Stanny M., Czarnecki A., 2011. Zrównoważony rozwój obszarów wiejskich Zielonych Płuc Polski. Próba analizy empirycznej. IRWiR PAN, Warszawa.
- Szczepaniak W., 2017. Gnojowica – wartość i stosowanie. *Agrotech., Porad. Roln.*, 44–46.
- Szulc K., 2011. Ochrona zasobów zwierząt gospodarskich w kontekście zrównoważonego rozwoju. *Probl. Ekorozw.*, 6(2), 141–146.
- Walczak J., Sowula-Skrzyńska E., Borecka A., Krawczyk W., Tyra M., Pieszka M., Knapik J., Połtowicz K., Karpowicz A., Kowalska D., Tomczyk-Wrona I., 2019. Kodeks doradczy dobrej praktyki rolniczej dotyczący ograniczenia emisji amoniaku. Instytut Technol.- Przyrod. Warszawa, II, III, IV.
- Wrzaszcz W., 2012. Czynniki kształtujące zrównoważenie gospodarstw rolnych. *J. Agribus. Rural Dev.*, 2(24), 285–296.
- Zwoździak J., Dziewa M., Szałata Ł., Kwiecińska K., Cuske M., Piechocka A., Bartosik M., 2016. Lista substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.