ISSN 2450-3746 / e- ISSN 2451-2672

POLISH JOURNAL

for Sustainable Development

Tom 28 (1)

Rzeszów 2024

Uniwersytet Rzeszowski
Południowo-Wschodni Oddział Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej
z siedzibą w Rzeszowie i Polskie Towarzystwo Gleboznawcze Oddział w Rzeszowie

ZESPÓŁ REDAKCYJNY – EDITORIAL COMMITTEE

Joanna Kostecka (Uniwersytet Rzeszowski) – **Redaktor Naczelny – Editor-in-Chief**

Renata Szura (Uniwersytet Rzeszowski) – Sekretarz – Secretary
Mariola Garczyńska (Uniwersytet Rzeszowski)
Grzegorz Pączka (Uniwersytet Rzeszowski)
Anna Mazur-Pączka (Uniwersytet Rzeszowski)

RADA PROGRAMOWA / NAUKOWA – PROGRAMING / SCIENTIFIC BOARD

Isabelle Barois Boullard (Instituto de Ecología A.C, Xalapa, Veracruz, México)
Petr Bris (University in Zlin, Department of Production Management and Industrial Engineering, Czech Republic)
Gabriel Borowski (Politechnika Lubelska)
Kevin R. Butt (Department of Environmental Management, University of Central Lancashire, Preston, UK)
Luis M. Cunha (Faculty of Science, University of Porto, Portugal)
Vija Dislere (Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia)
Barbara Filipek-Mazur (Uniwersytet Rolniczy w Krakowie)
Janina Kaniuczak (Uniwersytet Rzeszowski)
Krzysztof Kasprzak (Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu)
Zofia Kołoszko-Chomentowska (Politechnika Białostocka)
Mark Maboeta (North-West University, Potchefstroom, South Africa)
Alfredo Serreta Olivan (Universidad od Zaragoza)
Piotr Skubała (Uniwersytet Śląski w Katowicach)
Czesława Rosik-Dulewska (Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrzu)
Victoria Thoresen (University College of Hedmark, Norway)

REDAKTOR JĘZYKOWY – LANGUAGE EDITOR
Bogumił Rychlak

REDAKTOR STATYSTYCZNY – STATISTICAL EDITOR
Lech Zaręba (Uniwersytet Rzeszowski)

WYDAWCA i SIEDZIBA REDAKCJI – PUBLISHER & EDITORIAL OFFICE
Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych
Zakład Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-959 Rzeszów
E-mail: *jkostecka@ur.edu.pl*
Tel. 17 8721728, 17 8721733

Opieka nad stroną internetową czasopisma: Magdalena Michniewicz

THIS JOURNAL IS OPEN ACCESS **CC BY-NC-ND**

Druk:

BONUS LIBER
DRUKARNIA · WYDAWNICTWO

35-020 Rzeszów, ul. 17 Pułku Piechoty 7 • tel. 17 852 59 38, 790 804 406
biuro@bonusliber.pl • www.bonusliber.pl

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego Oddział w Rzeszowie (Zesz. Nauk. PTIE i PTG Oddz. w Rzeszowie) ukazywały się jako rocznik w latach 1997-2014. Powstawały dzięki działalności badawczej członków obu Towarzystw, a także dzięki współpracy z ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą. Od długiego czasu promowały zrównoważony rozwój prezentując badania o nachyleniu środowiskowym, interpretując ich znaczenie dla edukacji społeczeństwa w powiązaniu z pozostałymi płaszczyznami tego modelu, zapisanego jako obowiązujący kierunek rozwoju w Konstytucji Rzeczypospolitej z roku 1997. Idąc z duchem czasu, widząc potrzebę dalszej promocji zrównoważonego rozwoju zmieniamy nazwę Czasopisma na **POLISH JOURNAL *for Sustainable Development*** (Pol. J. Sust. Dev.) (*https://journals.ur.edu.pl/pol-j-sust-dev*), pozostając przy szeroko pojętym, przyrodniczym ukierunkowaniu naszych publikacji.

Zapraszamy zainteresowanych do publikowania w naszym Czasopiśmie prac zarówno w języku polskim jak i angielskim, prezentując poniższe kierunki zainteresowania:

1. Badania nad stanem zasobów środowiska, ich ochroną i rekultywacją,
2. Kształtowanie środowiska w myśl zrównoważonego rozwoju,
3. Badania nad innowacyjnymi technikami i technologiami stosowanymi w ochronie środowiska i promującymi zrównoważony rozwój,
4. Edukacja społeczeństwa dla zrównoważonego rozwoju ze szczególnym uwzględnieniem troski o różnorodność biologiczną.

Wymogi ogólne i techniczne przygotowania prac do druku:

Przygotowany do druku tekst (edytor tekstu: Word w formacie „Dokument Word 97-2003") powinien spełniać następujące warunki:

- nie powinien przekraczać 8 stron maszynopisu o cechach określonych poniżej (w uzasadnionych przypadkach, za zgodą Redakcji można od tej reguły odstąpić),
- mieścić się na stronie o wymiarach: szerokość 13 cm, wysokość 19 cm (ustawiamy marginesy; lewy: 1,5; prawy: 6,5; górny: 2,5; dolny: 7,5),
- pełny tekst publikacji powinien zawierać w kolejności: pełne imiona i nazwiska autorów wraz z miejscem pracy i adresem e-mailowym, tytuł publikacji, streszczenie po polsku do 10 wierszy, słowa kluczowe. Następnie WSTĘP, METODYKA, WYNIKI BADAŃ, DYSKUSJA, WNIOSKI, BIBLIOGRAFIA wg. wzoru, TYTUŁ po angielsku, streszczenie po angielsku, słowa kluczowe po angielsku (w przypadku tekstu w języku angielskim obowiązuje zamieszczenie tytułu pracy, streszczenia, słów kluczowych oraz tytułów tabel i wykresów w języku polskim),
- tekst powinien być napisany czcionką Times New Roman CE, wielkość 10 pkt, odstęp pojedynczy, tytuł artykułu i nazwisko autorów czcionka 12 pt, podtytuły literami o wielkości 10 pk, podobnie jak całość tekstu, tabulator 0,5 cm,
- na pierwszej stronie pozostawiamy od góry strony 4 cm na główkę wydawniczą Zeszytów,
- wszystkie tabele, ilustracje /wykresy, rysunki, fotografie/w maksymalnych wymiarach: szer. - 13 cm, wys. - 19 cm (**wraz z podpisami i całym wnętrzem w dwu językach**) powinny mieć odpowiednią jakość i czytelność, muszą być z góry wpisane lub wklejone w tekst,
- tabele powinny być przygotowane do druku starannie i zawierać także pełny **tekst ich zawartości opracowany po polsku i po angielsku,**
- literatura powinna być cytowana w tekście w nawiasach, wg wzoru [Arancon i in. 2004, Kędza i Hołderna-Kędza 2015, Weltzien 1991], akty prawne i raporty cytujemy jako numery [(23)], [(1), (25)].
- zbiór BIBLIOGRAFIA powinien być uporządkowany wg alfabetu i opracowany wg poniższego wzoru:

1. Barabasz W., Pikulicka A., Galus-Barchan A., Korta-Pepłowska M., Szmigiel A. 2013. Obiekty komunalne jako źródło drobnoustrojów zanieczyszczających wody, gleby i powietrze. [w:] K. Szymański (red.). Monografia Gospodarka odpadami komunalnymi. T. IX. 279-288.
2. Bielińska E.J., Futa B., Mocek-Płóciniak A. 2014. Enzymy glebowe jako wskaźniki jakości i zdrowotności gleby. Towarzystwo Wydawnictw Naukowych „LIBROPOLIS". Lublin 2014.
3. Kędza B., Hołderna-Kędza E. 2015. Możliwości wykorzystania miodu w onkologii. cz. 2. Pasieka 1 [dok. elektr.: http://*pasieka24.pl*, data wejścia 03.01.2015].

4. Klimeková M., Lehocká Z., Žák Š. 2007. The effect of three forecrops and vermisol application on yields and baking quality of winter wheat in organic farming system. In: Proceeding of conference Organic farming. 2007. CULS in Prague. 53-55.
5. Weltzien H.C. 1991. Biocontrol of foliar fungal disease with compost extracts. [In:] Microbial Ecology of Leaves. Springer-Verlag. New York. s. 430-450. ISBN 978-1-4612-7822-1. doi:10.1007/978-1-4612-3168-4_22.

Akty prawne i raporty zapisujemy osobno a cytujemy w tekście używając kolejnych numerów np. [(8)]:

1. Ustawa z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2011 nr 152 poz. 897.

Przy opracowywaniu tekstu należy używać wzoru z poprzedniego tomu dostępnego na stronie *https://journals.ur.edu.pl/pol-j-sust-dev* .

Do Redakcji należy przekazać tekst starannie opracowany, pocztą elektroniczną. Publikacja powinna zawierać – tekst właściwy, ilustracje i tabele oraz podpisy pod ilustracjami i tabelami - jako jeden zbiór. Opublikowane mogą zostać artykuły, które są zgodne z tematyką czasopisma i które uzyskają 2 pozytywne recenzje. Publikowane są tylko prace oryginalne. Autor przesyłając tekst oświadcza, że nie był on już wcześniej publikowany w identycznej lub bardzo podobnej formie albo w innym języku i nie jest aktualnie przedstawiony do publikacji w innym czasopiśmie. Stosowna deklaracja jest wymagana przed finalną publikacją.

Wprowadzone zostały także procedury recenzowania zgodne z zaleceniami Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (opisane w broszurze Dobre praktyki w procedurach recenzyjnych w nauce, MNiSW, Warszawa 2011) oraz procedury zabezpieczające przed zjawiskiem „ghostwriting" oraz „guest authorship".

Spis treści

Joanna KOSTECKA: Koncepcja nowego enwiromentalizmu –powiązania z tematyką konferencji „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - osiągnięcia, problemy, perspektywy” 9
Anna BARAN: Edukacja architekta krajobrazu dla retardacji przekształcania zasobów przyrody – znaczenie obiektów architektury zacieniających przestrzeń 29
Jan BUCZEK: Rolnicza przestrzeń produkcyjna i bilans glebowej materii organicznej w województwie podkarpackim 37
Józef CHOJNICKI i Joanna KOSTECKA: Rozpoznanie i przeciwdziałanie zagrożeniom funkcji gleb – wybrane aspekty podstawowej wiedzy dla decydentów 45
Tomasz CIESIELCZUK: Odpady z przemysłu tekstylnego jako nośnik azotu organicznego dla sektora ogrodniczego 61
Zbigniew CZERNIAKOWSKI: Lasy Miyawaki jako sposób retardacji zmian spowodowanych nadmierną urbanizacją 69
Małgorzata DZUGAN, Michał MIŁEK i Monika TOMCZYK: Gospodarcze i środowiskowe znaczenie pszczoły miodnej 75
Marcin FELTYNOWSKI i Justyna TRIPPNER-HRABI: Budowanie cyrkularności w samorządach lokalnych – przykład województwa łódzkiego 85
Agnieszka HUĆKO i Ewa SZPYRKA: Optymalizacja i walidacja metody oznaczania polichlorowanych bifenyli w glebie 93
Artur JACHIMOWSKI: Zrównoważony rozwój w kontekście nowych zmian w ciepłownictwie systemowym 99
Mateusz JAKUBIAK: Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych do retardacji przekształcania zasobów środowiska 107
Radosław JÓZEFCZYK, Anna SZAJNA i Maciej BALAWEJDER: Wpływ procesu ozonowania na parametry tekstury, aktywność antyoksydacyjną i właściwości organoleptyczne dżemów z owoców borówki wysokiej i jabłek 113
Katarzyna ŁUCZAK, Grzegorz KUSZA i Marian BŁASZCZOK: Wpływ rolnictwa na środowisko w opinii właścicieli wybranych gospodarstw rolnych położonych na terenie powiatu raciborskiego 125
Karolina MROCZEK, Daria JANDA, Anita KOT i Janusz R. MROCZEK: Wegetarianizm jako alternatywny sposób odżywiania w kontekście retardacji przekształcania zasobów 137
Teresa NOGA, Anna OCHALSKA, Anna BYSIEK, Patrycja MORYL i Anita PORADOWSKA: Możliwości wykorzystania i zastosowania morszczynu (Fucus) w rolnictwie 145
Jakub OCHMERAK, Leszek POTOCKI i Małgorzata KUS-LIŚKIEWICZ: Antidotum na bakterie chorobotwórcze - nowe spojrzenie na bakteriofagi 157
Maria PIETRZAK: Retardacja przekształcania zasobów środowiska - koncepcja popularyzowana przez fundację "W sercu matki" 167
Marta PISAREK: Perspektywy rozwoju „slow turism” na Podkarpaciu 177
Piotr STACHOWSKI: Zbiorniki wodne w miejsce wyrobisk pokopalnianych 185

Karolina TEREBA, Jadwiga TOPCZEWSKA, Gabriela PURCHA i Ewelina KOZIARA: Kanały zakupu żywności a poziom jej marnotrawstwa w opinii studentów 193
Renata TOBIASZ-SALACH: Spalanie biomasy pozyskiwanej z owsa jako czynnik prośrodowiskowy 201
Jadwiga TOPCZEWSKA, Wanda KRUPA, Katarzyna OCHAŁEK, Gabriela PURCHA i Ewelina KOZIARA: Ochrona zasobów genetycznych koni rasy huculskiej elementem ochrony zasobów przyrodniczych 207
Jadwiga TOPCZEWSKA, Eryka PIĘTA i Aneta BIZIOR: Zrównoważony transport żywności elementem ograniczenia zużycia zasobów 215
Mariusz WÓJCIK, Sławomir BEEGER i Piotr CZYŻOWSKI: Use of drones in the monitoring of the European pond turtle *Emys orbicularis* in habitats of the Poleski National Park (Poland) 223
Urszula WYDRO, Elzbieta WOŁEJKO i Agata JABŁOŃSKA-TRYPUĆ: Aktywność amylolityczna gleb zdegradowanych po aplikacji osadów ściekowych 231
Wojciech ZYSK: Kolorowe łabędzie, innowacje, technologia. Rola nowych czynników wytwórczych 241
Andrzej ŻOŁNOWSKI: Produkcja materiałów kompozytowych (WPC) jako czynnik sprzyjający retardacji przekształcania zasobów przyrody 251

Content

Joanna KOSTECKA: The concept of a new environmentalism – an attempt to connect with the topic of conferences "Retardation of transformation of environmental resources - achievements, problems, perspectives" 9
Anna BARAN: Education of landscape architect for retardation of transformation of natural resources – the importance of architectural space shading objects 29
Jan BUCZEK: Agricultural production area and soil organic matter balance in the Podkarpackie Voivodeship 37
Józef CHOJNICKI and Joanna KOSTECKA: Recognition and countermeasures against threats to soil functions – selected aspects of basic knowledge for decision makers 45
Tomasz CIESIELCZUK: Waste from the textile industry as a nitrogen carrier organic for the horticulture sector 61
Zbigniew CZERNIAKOWSKI: Miyawaki forest as a way to retard changes caused by excessive urbanization 69
Małgorzata DŻUGAN, Michał MIŁEK and Monika TOMCZYK: Economic and environmental significance of the honeybee 75
Marcin FELTYNOWSKI and Justyna TRIPPNER-HRABI: Building circularity in local governments – a case study of the Łódź region 85
Agnieszka HUĆKO and Ewa SZPYRKA: Optimization and validation of the methods for the determination of polychlorinated biphenyls in soil 93
Artur JACHIMOWSKI: Sustainable development in the context of new changes in district heatin 99
Mateusz JAKUBIAK: The use of unmanned aerial vehicles to retard the transformation of environmental resources 107
Radosław JÓZEFCZYK, Anna SZAJNA and Maciej BALAWEJDER: Impact of ozonation process on the texture parameters, antioxidant activity and organo-leptic properties of highbush blueberry and apple jams 113
Katarzyna ŁUCZAK, Grzegorz KUSZA and Marian BŁASZCZOK: The influence of agriculture on the environment in the opinion of owners of selected farms located in the Racibórz district 125
Karolina MROCZEK, Daria JANDA, Anita KOT and Janusz R. MROCZEK: Vegetarianism as an alternative diet in the context of slowing down of resource transformation 137
Teresa NOGA, Anna OCHALSKA, Anna BYSIEK, Patrycja MORYL and Anita PORADOWSKA: Potential uses and applications of Fucus in agriculture 145
Jakub OCHMERAK, Leszek POTOCKI and Małgorzata KUS-LIŚKIEWICZ: Phage therapy – an alternative for antibiotics-resistance bacteria infections 157
Maria PIETRZAK: Retardation of environmental resource transformation - concept popularized by the "In the mother's heart" foundation 167
Marta PISAREK: Prospects for the development of slow tourism in Podkarpacie Province 177

Piotr STACHOWSKI: Water reservoirs in the place of post-mining excavations 185
Karolina TEREBA, Jadwiga TOPCZEWSKA, Gabriela PURCHA and Ewelina KOZIARA: Food purchase channels and levels of food waste as perceived by students 193
Renata TOBIASZ-SALACH: Burning biomass obtained from oats as a pro-environmental factor 201
Jadwiga TOPCZEWSKA, Wanda KRUPA, Katarzyna OCHAŁEK, Gabriela PURCHA and Ewelina KOZIARA: Conservation of genetic resources of the hucul breed of horses as an element of the protection of natural resources 207
Jadwiga TOPCZEWSKA, Eryka PIĘTA and Aneta BIZIOR: Sustainable food transport as part of reducing resource consumption 215
Mariusz WÓJCIK, Sławomir BEEGER and Piotr CZYŻOWSKI: Wykorzystanie dronów do monitoringu żółwia błotnego *Emys orbicularis* w siedliskach Poleskiego Parku Narodowego (Polska) 223
Urszula WYDRO, Elżbieta WOŁEJKO and Agata JABŁOŃSKA-TRYPUĆ: Amylolytic activity of soil degraded after sewage sludge application 231
Wojciech ZYSK: Colorful swans, innovation, technology. The role of new production factors 241
Andrzej ŻOŁNOWSKI: Production of composite materials (WPC) as a factor favoring the retardation of natural resources transforming 251

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 9-27. rok 2024

JOANNA KOSTECKA
Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Zakład Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami, e-mail: *jkostecka@ur.edu.pl*

KONCEPCJA NOWEGO ENWIROMENTALIZMU –POWIĄZANIA Z TEMATYKĄ KONFERENCJI „RETARDACJA PRZEKSZTAŁCANIA ZASOBÓW ŚRODOWISKA - OSIĄGNIĘCIA, PROBLEMY, PERSPEKTYWY"

W artykule uzasadniono źródło tytułu pięciu cyklicznych konferencji „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - osiągnięcia, problemy, perspektywy" oraz zaprezentowano uzasadnienie dla spowolnienia przekształcania zasobów środowiska wiążąc to z interdyscyplinarnym enwironmentalizmem. Zestawiono tematykę wystąpień uczestników pięciu wspomnianych konferencji. Wystąpienia te mogą stanowić przykłady przestrzeni w których rozważano wymagające rozwiązania problemy. Rozwiązywanie tych problemów powiązano z retardacją przekształcania szeroko pojętych zasobów środowiska. Wydaje się, że takie ukierunkowanie myśli, poszukiwań rozwiązania i działań, może być potrzebne dla skutecznej ochrony zasobów i jest koniecznym sposobem interpretacji dalekowzrocznej strategii istnienia człowieka.

Słowa kluczowe: enwiromentalizm, retardacja, konferencja naukowa, holistyka, interdyscyplinarność

I. WSTĘP

Przekształcanie zasobów Ziemi (zużywanie minerałów, paliw kopalnych, trzebienie lasów, osuszanie stepów, mokradeł oraz trzebienie gatunków roślin i zwierząt) a także zanieczyszczenie gleb, wód powierzchniowych i podziemnych oraz powietrza przez człowieka, następuje w tempie wzrostu wykładniczego. Biolodzy już od lat alarmują, że spowodowaliśmy szóste wielkie wymieranie [Kolbert 2014]. Ta antropogeniczna przemiana Planety przebiega znacząco szybciej niż wcześniejsze tempo wymierania i tworzenia się nowych gatunków; skutkuje zagładą bioróżnorodności na różnych poziomach jej organizacji i pogorszeniem zdrowia człowieka [The Economics of Biodiversity…**,** Januszewicz 2023].

Zastanawiamy się więc czy zmiana relacji człowieka z przyrodą [Hickel 2022], innowacje, technologie i nowe czynniki wytwórcze uratują Ziemię? [Zysk 2024]. Prezentujemy argumenty potwierdzające, że paradygmat wzrostu jest kluczową barierą dla retardacji przekształcania zasobów środowiska [Skrzypczyński 2024].

Celem publikacji jest przypomnienie źródeł tytułu cyklicznych konferencji „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - osiągnięcia, problemy, perspektywy",

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.1

organizowanych na Uniwersytecie Rzeszowskim od roku 2009, uzasadnienie dla spowolnienia przekształcania szeroko pojętych zasobów środowiska w powiązaniu z interdyscyplinarnym enwironmentalizmem oraz zestawienie tematyki wystąpień uczestników pięciu kolejnych konferencji z tego cyklu. W opracowaniu podkreślono także uzasadnienie dla dalszych naukowych spotkań w tematyce omawianych konferencji.

II. METODYKA PRACY

Na potrzeby tego artykułu dokonano przeglądu wybranych pozycji literatury, oraz zestawienia prezentacji wystąpień uczestników pięciu kolejnych konferencji naukowych „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy", organizowanych na Uniwersytecie Rzeszowskim w latach 2009-2024. Podkreślono potrzebę upowszechniania interdyscyplinarnych badań dla spowolnienia negatywnych przekształceń zasobów środowiska przyrody, w tym także przestrzeni w różnych obszarach.

III. WYNIKI

III.1. *Retardacja*

Termin retardacja (spowolnienie) ma różne i bardzo szerokie znaczenia i zastosowania. Począwszy od retoryki literackiej, gdzie odnosi się do zamierzonego przez autora spowolnienia akcji celem uzyskania większego zainteresowania czytelnika, przez filozofię, gdzie ten termin łączy się z Katechizmem kościoła katolickiego, umiarkowaniem Arystotelesa i koncepcją złotego środka [Dołęga 2010], po odwołanie się do retardacji jako istotnego elementu w konstruowaniu paradygmatu zrównoważonego rozwoju [Kostecka 2010a,b, 2013a,b, Poskrobko 2010, Janikowski 2013].

Cytowane odniesienie do Katechizmu Kościoła Katolickiego [1994] można rozwinąć i dotyczy to ustępu 2456 i 2415 Katechizmu, tj.:

„…2456 Powierzone przez Stwórcę panowanie nad bogactwami naturalnymi, roślinami i zwierzętami świata nie może być oddzielone od szacunku dla wymagań moralnych, łącznie z wymaganiami wobec przyszłych pokoleń.

…2415 Siódme przykazanie domaga się poszanowania integralności stworzenia. Zwierzęta, jak również rośliny i byty nieożywione, są z natury przeznaczone dla dobra wspólnego ludzkości w przeszłości, obecnie i w przyszłości. Korzystanie z bogactw naturalnych, roślinnych i zwierzęcych świata nie może być oderwane od poszanowania wymagań moralnych. Panowanie nad bytami nieożywionymi i istotami żywymi, jakiego Bóg udzielił człowiekowi, nie jest absolutne; określa je troska o jakość życia bliźniego, także przyszłych pokoleń; domaga się ono religijnego szacunku dla integralności stworzenia.…"

Biologiczne znaczenie terminu retardacja może być postrzegane jako negatywne, ponieważ może wskazywać na opóźnienie rozwojowe. W odniesieniu do całych ekosystemów może być tym czasem pozytywne, ponieważ może dotyczyć zjawisk które np. hamują szybkość ich dezorganizacji i zniszczenia (np. przy intensywnej eksploatacji zasobów naturalnych), co z kolei pomaga bioróżnorodności i usługom ekosystemowym w ich regeneracji w sposób naturalny [Kostecka 2013b].

Koncepcja retardacji, interpretowana jako spowalnianie przekształcania zasobów środowiska przyrodniczego ma na celu zachowanie równowagi i harmonii w szeroko pojętym środowisku życia człowieka (przyrodniczo-społeczno-ekonomicznym), gdzie powinna spełniać funkcję profilaktyczną na zasadzie; lepiej (taniej) zapobiegać zniszczeniom ekosystemów, niż je odtwarzać/ regenerować po głębszym

wyeksploatowaniu / zniszczeniu. Podobnie, lepiej jest także szanować zasoby środowiska społecznego, i oczywiście rozsądnie, w sposób przemyślany (spowalniając decyzję jak to zrobić, by była jak najlepiej przemyślana) wydawać swoje i społeczne pieniądze.

W związku z organizacją spotkań na konferencjach naukowych poświęconych retardacji założono, że dyskusje nad różnymi formami retardacji procesów przyrodniczo-społeczno ekonomicznych mogą prowadzić do powstania nowych koncepcji, przyczyniając się do wzrostu świadomości i wdrażania zrównoważonego rozwoju. Trzeba tu jednak koniecznie zauważyć i podkreślić, że powinno to ewoluować w ramach już istniejących i zidentyfikowanych warunków środowiskowych, społecznych i ekonomicznych.

III.2. *Enwiromentalizm* (ang. *Environmentalism*) – to kierunek filozoficzny kształtujący się od drugiej połowy XX wieku w odpowiedzi na kryzys w środowisku przyrodniczym i społecznym. Stanowi rozwinięcie humanizmu o nowe przyrodnicze sumienie człowieka. Próba takiego rozszerzenia sumienia ludzkiego może na przykład obejmować rozważania na temat pojęcia „przemocy na środowisku przyrodniczym" [Kostecka i Butt 2019], przy czym przemoc jako pojęcie pejoratywne, głęboko negatywne, wymaga interwencji i rehabilitacji ją stosujących. Wobec pogłębiającego się kryzysu w środowisku przyrodniczym, enwironmentalizm stanowi próbę holistycznego wglądu w problemy człowieka w szeroko pojętym środowisku przyrodniczo-społeczno-gospodarczym, w poszukiwanie rozwiązań tych problemów tak by dokonać wybór tych, które będą wywierać najmniej negatywne wpływy we wszystkich wymienionych obszarach. Obecnie, próbując po raz kolejny pokazać przeciętnemu obywatelowi wagę ochrony i racjonalnego użytkowania zasobów przyrody używa się terminu „nowy enwironmentalizm" na określenie rewolucji w sposobie myślenia na temat biologicznej ochrony przyrody. Według Wilsona [1999], jej celem jest opracowanie nowych sposobów uzyskiwania dochodu z przyrody, bez jej uśmiercania, czyli w retardacji wykorzystywania, w spowolnieniu pozwalającym zasobom przyrody na odradzanie się. Tym, czego nam obecnie w gospodarowaniu zasobami przyrody brakuje są: rozsądek, wiedza i zaakceptowana społecznie mądrość w korzystaniu z zasobów przyrody. Powinniśmy stale udoskonalać rozumienie jej funkcjonowania i stosując filozofię wzajemności, budować i doskonalić agroekologię regeneratywną [Hickiel 2022].

Rozważania wokół tajemnicy życia na Ziemi i różnorodności biologicznej, w tym różnorodności gatunkowej, snuje między innymi Skubała [2014a, 2014b, 2021]. Czy właściwie troszczymy się o różnorodność biologiczną? Czy korzystamy z niej w sposób rozsądny? Jego wnioski mogą być przydatne dla zainteresowanych tą transdyscypliną koncepcją.

Enwironmentalizm budzi zainteresowanie nie tylko przyrodników. Mały słownik sztuki technologicznej przywołuje termin jako współczesną szeroko rozumianą perspektywę badawczą wykorzystywaną w filozofii, naukach humanistycznych, społecznych i przyrodniczych. Enwironmentalizm realizuje interdyscyplinarne podejście do zagadnień ochrony środowiska, łączy teorię i działania praktyczne. Poprzez interdyscyplinarność zajmuje się nie tylko zagadnieniami ekologicznymi, ale i relacjami pomiędzy współczesną kulturą a systemami naturalnymi. Tak przekracza klasyczne podziały dyscyplin, proponuje nowe obszary i metodologie dla badań antropologicznych i kulturoznawczych. Enwironmentalizm ma znaczenie pluralistyczne – włącza w obszar krytyki społecznej nie tylko zasady funkcjonowania układów społeczno-polityczno-ekonomicznych, gospodarki energetycznej, zagadnienia z ekologii systemów czy biotechnologii. Badania enwironmentalne poszukują nowych modeli opisu relacji człowieka z otoczeniem

naturalnym we współczesnym świecie [Culture.pl 2024, eUTERUS 2024]. Mogą mieć także charakter metafizyczno - etyczny [Hoły-Łuczaj 2018].

III.3. *Tematyka wystąpień uczestników konferencji naukowych „Retardacja przekształcania zasobów środowiska- osiągnięcia, problemy, perspektywy"*

Spotkaniom uczestników naukowych konferencji pod pokazanym wyżej tytułem przyświecały następujące cele: (1) określenie potrzeby i metod spowalniania przekształcania ekosystemów (przestrzeni i innych zasobów), jako ważnego instrumentu zrównoważonego rozwoju (szczególnie w czasie trwania Dekady Restytucji Ekosystemów (2021-2030); (2) rozważenie sposobów stałego zwiększania partycypacji społecznej w procesie planowania życia i rozwoju, w tym zagospodarowania przestrzeni; (3) określanie retardacji w kontekście przyrodniczych, ekonomicznych i społecznych aspektów ZR; (4) zaprezentowanie dobrych praktyk w dziedzinie retardacji; (5) podzielenie się doświadczeniem i planami działań w zakresie upowszechniania retardacji; (6) poznanie stanu działań naukowo – badawczych i dydaktycznych w tym zakresie w skali krajowej i międzynarodowej.

Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie gościł uczestników wspomnianych wyżej konferencji pięciokrotnie. Spotkania rozpoczęły się w dniach 14-15 września 2009 r., a tej **I Konferencji** patronowali: JM Rektor UR, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN (KPZK PAN) oraz Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej (ZG PTIE). Była to początkowo kameralna dyskusja nad czternastoma referatami, które przydzielono do trzech sesji.

Sesję I (*Dylematy koncepcji retardacji materialnego przekształcania zasobów)* wypełniło pięć wystąpień [Dołęga 2010, Kostecka 2010a, Poskrobko 2010, Łuszczyk 2010, Kostecka i in. 2010a], które wskazywały miejsce terminu retardacja w sozologii systemowej oraz eksponowały jego powiązanie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Podkreślano jednocześnie konieczność nowego podejścia do bogactwa przyrodniczego i zapewnienia trwałości kapitału przyrodniczego. Relacjonowano także wyniki ankiety przeprowadzonej wśród studentów Uniwersytetu Rzeszowskiego i Politechniki Białostockiej w zakresie postaw „mieć" i „być".

W kolejnej sesji II (*Koncepcja retardacji w gospodarce przestrzennej)* polemizowano nad narzędziami retardacji przekształceń środowiska w gospodarce przestrzennej oraz dylematami i kierunkami jej wdrażania w warunkach polskich. Oceniano wartość przestrzeni jako ekonomicznego instrumentu monitorowania zrównoważonego rozwoju i retardacji zmian środowiska, a w przestrzeni obszarów wiejskich doceniono szacunek dla pracy rolnika [Raszka 2010, Kistowski 2010, Giordano 2010, Kostecka i in. 2010b].

Sesja III (*Retardacja w gospodarowaniu zasobami przyrody)* obejmowała problem konieczności budowania i odbudowy zbiorników retencyjnych, prowadzenia prawidłowej gospodarki odpadami niebezpiecznymi, spowalniania wykorzystywania zasobów przyrodniczych w rybactwie śródlądowym, konieczność przeciwdziałania zabudowie otuliny parków narodowych i problem retardacji w produkcji zwierzęcej [Koc i in. 2010, Kostecka i Koc-Jurczyk 2010, Jurczyk 2010, Kasprzak i Raszka 2010, Mroczek 2010].

W konferencji uczestniczyli przedstawiciele UR w Rzeszowie, WSE w Białymstoku, UKSW w Warszawie, KUL w Lublinie, UP we Wrocławiu, Uniwersytetu Gdańskiego, UWM w Olsztynie, UR im. H. Kołłątaja w Krakowie, UP w Poznaniu, Politechniki Białostockiej, PWSZ w Tarnowie.

Następne spotkanie ze wspomnianego cyklu - **II konferencja** naukowa - została przygotowano na dzień 17-18 września roku 2012, podobnie jako wynik współpracy członków PTIE oraz KPZK PAN. Tym razem na konferencję zgłoszono 22 prezentacje. Na obradach, jako słuchacze, pojawili się także zainteresowani studenci a Uniwersytet Rzeszowski, obok wiernych uczestników poprzedniej konferencji, odwiedzili przedstawiciele kolejnych ośrodków naukowych (Górnośląskiej Wyższej Szkoły Handlowej w Katowicach, IOŚ PIB w Warszawie, UMCS w Lublinie, WSEiZ w Warszawie, AGH w Krakowie, UO w Opolu].
Obrady toczyły się w sesji referatowej i posterowej. W sesji referatowej (*Dylematy koncepcji retardacji przekształcania zasobów*) zaproponowano stosowanie pojęcia retardacja jako stałego elementu konceptualizacji rozwoju zrównoważonego [Janikowski 2013]. Kostecka [2013a] sugerowała rozważenie retardacji tempa życia i przekształcania zasobów przyrody na wybranych przykładach działań obywatelskich, przykłady w świetle wybranych dokumentów strategicznych pokazała Baran-Zgłobicka [2013]. Fitomelioracją środowiska i krajobrazu za niezbędnik cywilizacji i przykład retardacji uznał Siuta [2013] a Kistowski i Grzybowski [2013] pokazali studium przestrzenne w ujęciu gminnym w kontekście natężenia i redukcji obciążenia środowiska skutkami antropopresji. Kopeć i Gondek [2013] referowali wapnowanie TUZ metodą retardacji wyczerpania glebowych zasobów mikroelementów, a opóźnienie negatywnych zmian w środowisku glebowym i wodnym dzięki przydrożnym zbiornikom ścieków opadowych relacjonowała Wiśniowska-Kielian i in. [2013].

Sesję posterową tworzyło 15 plakatów w ramach trzech szerokich zagadnień:

Koncepcję retardacji w ochronie ekosystemów i zasobów wodnych wypełniło 5 opracowań [Kiryluk 2013, Lemkowska 2013, Sidoruk i in. 2013, Szymczyk i Świtajska 2013]; *koncepcję retardacji w rolnictwie i ochronie środowiska* relacjonowały kolejne postery [Kaniuczak i in. 2013a, b, Jarecki i Bobrecka-Jamro 2013, Mroczek 2013, Mroczek i in. 2013, Nowak i in. 2013, Śliwka 2013, Koc-Jurczyk 2013, Czech i in. 2013], a *retardację w ochronie różnorodności biologicznej* przedyskutowano w tematyce sukcesji roślinności dwóch składowisk odpadów komunalnych Mazowsza [Dyguś 2013] oraz połowów ryb wg zasad c&r (catch and release) [Jurczyk i Pączka 2013].

Wobec nasilania się uciążliwości zmian klimatu, dalszej utraty bioróżnorodności, zanieczyszczania wszystkich zasobów środowiska przyrodniczego, popularność spotkań i dyskusji w Rzeszowie zaczęła rosnąć. Na **III konferencji** w dniach 15-17 września 2016 r., Uniwersytet Rzeszowski gościł już autorów i współautorów 38 prezentacji ponownie z zaprzyjaźnionych ośrodków naukowych oraz kolejnych, zainteresowanych poruszaną problematyką (dodatkowo: University of Porto, UW w Warszawie, SGH w Warszawie, Urząd Celny w Rzeszowie; łącznie 21 ośrodków naukowych brało udział w konferencji).

W sesji *Retardacja przekształcania zasobów środowiska dawniej i dziś w kontekście edukacji* zaprezentowano 5 referatów: [Kostecka 2016, Czopek 2016, Kasprzak 2016, 2017, Kalinowska 2016 oraz Kopeć 2016]. Sesja: *Retardacja zmian zasobów środowiska – problemy i działania praktyczne*, objęła 6 kolejnych referatów na temat osadów ściekowych, dzikich wysypisk, przykładu działania inżynierii ekologicznej, zagrożeń dla zasobów wód gruntowych, miejskich farm oraz zmian w krajobrazie rolniczym na obszarach wiejskich [Wiśniowska-Kielian 2016, Grygorczuk-Petersons i Wiater 2016, Siuta 2016, Szymczyk 2016, Czerniakowski 2016, Kiryluk 2017]. W sesji *Retardacja zmian*

zasobów środowiska – sfera społeczno-prawna, znalazł się jeden referat: „Świadomość i partnerstwo społeczne jako instrument polityk publicznych dla zrównoważonego rozwoju" [Borsa 2016].

Pozostałe problemy dyskutowano w sesji posterowej, która obejmowała 25 plakatów. Ich tematyka zawierała się w następujących obszarach:

- *Problemy wpływu odpadów i osadów ściekowych na zasoby środowiska i jakość plonu* [Antonkiewicz i in. 2016, Koc-Jurczyk i in. 2017, Sądej i in. 2016, Śliwka i in. 2017],
- *Zatrzymanie degradacji przestrzeni i zasobów różnorodności biologicznej* [Chackiewicz i Kostecka 2017, Garczyńska i in. 2017, Jakubiak i Urbański 2016, Kostecka i in. 2017, Skwierawski 2016],
- *Świadczenia zasobowe przyrody, ich odtwarzanie i wykorzystywanie* [Bilek i in. 2016a,b,; Ciesielczuk i in. 2016, Kostecka i in. 2016b, Żmuda i Pokładek 2016, Pączka i in. 2016, Skwierawski 2016],
- *Problemy wyborów w przestrzeni odnawialnych źródeł energii* [Kaniuczak i in. 2016, Jurczyk i Koc-Jurczyk 2017, Puchalski i Zapałowska 2016, Dyguś 2016],
- *Odpowiedzialność w tworzeniu warunków życia i gospodarowania* [Kostecka i in. 2016a, Kostecka i in. 2016c, Kozak 2016, Mazur-Pączka i in. 2016, Sokołowicz i in. 2016,
- *Bioindykacja zanieczyszczeń środowiska* [Skorbiłowicz i in. 2016a, Skorbiłowicz i in. 2016b].

Po aktywnych obradach goście konferencji zwiedzili Muzeum Naftownictwa w Bóbrce oraz hutę szkła w Krośnie.

Czwarta konferencja odbyła się na Uniwersytecie Rzeszowskim tuż przed pandemią Covid 19, w dniach 2-3 marca 2020 roku. Do współorganizatorów dołączyli przedstawiciele kierownictwa Instalacji Termicznego Przetwarzania Odpadów z Odzyskiem Energii w Rzeszowie, dzięki czemu drugi dzień obrad odbywał się na jej terenie a uczestnicy konferencji mieli okazję do obejrzenia pracy tej potrzebnej instalacji. Liczba prezentowanych zagadnień i uczestników konferencji po raz kolejny urosła (wtedy do 44 problemów), które dotyczyły poniższych problemów:

- *Retardacja przekształcania ekosystemów miejskich i agroekosystemów w aspekcie ochrony środowiska:* [Kostecka 2020, Borsa 2020, Gibas i Majorek 2020, Dyguś 2020, Szawernoga i Pęczkowski 2020].
- *Strategia zagospodarowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej w relacji do potrzeb produkcji żywności i pasz;* [Kopeć i in. 2020, Kiryluk i Kostecka 2020, Jarecki i Bobrecka-Jamro 2020, Mazur-Pączka i in. 2020, Pęczkowski i in. 2020, Rudnicki i in. 2020, Sokołowicz i in. 2020, Topczewska i in. 2020].
- *Rekultywacja i zagospodarowanie terenów zdegradowanych w kontekście spowalniania wykorzystywania gleb* [Wiśniewska i in. 2020, Stachowski i in. 2020, Balawejder i in. 2020, Wiater 2020, Borowski 2020].
- *Monitoring i zastosowanie bioindykacji w ocenie zanieczyszczeń środowiska* [Pasternakiewicz i in. 2020, Dżugan i Tomczyk 2020].
- *Ocena i zagospodarowanie odpadów w kontekście spowalniania zużycia zasobów naturalnych*) [Śliwka i in. 2020, Garczyńska i in. 2020, Głowacka i in. 2020, Kostecka i in. 2020, Dżugan i Sidor 2020].
- *Ochrona bioróżnorodności w kształtowaniu stabilności środowiska przyrodniczego*: [Kalinowska 2020, Kostecka i in. 2020].
- *Biopaliwa a możliwość spowalniania wyczerpywania zasobów kopalnych*: [Ciesielczuk i in. 2020].

- *Zagospodarowanie odpadów organicznych w kierunku żywności funkcjonalnej*: [Miłek 2020, Piechowiak i in. 2020].

- *Spowalnianie strat zasobów wodnych*: [Szymczyk 2020, Skwierawski 2020, Czerniakowski i Gargała-Polar 2020].

- *Retardacja w planowaniu przestrzennym*: [Kasprzak 2020, Jadach-Sepioło 2020].

Prace z wcześniejszych czterech konferencji wydrukowano (tab.1). Należy podkreślić, że nie wszyscy uczestnicy konferencji przygotowywali swoje prezentacje do druku.

Tabela -*Table 1*

Informacja na temat miejsca druku publikacji uczestników czterech kolejnych konferencji nt. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy" / *Information on the place of printing of publications by participants of four consecutive conferences on "Retardation of transformation of environmental resources - Achievements, problems, perspectives"*

	Rok / *Year*	Miejsce druku publikacji / *Place of printing of the publication*
1	2009	*Biuletyn KPZK PAN zesz. 242, Warszawa 2010* https://www.ur.edu.pl/files/ur/import/private/44/Nauka/Zeszyt%20242%20KPZK.zip
2	2013	*Inżynieria Ekologiczna nr 34 ECOLOGICAL ENGINEERING.* ISSN 2081-139X *http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-9a2a5357-4432-453a-858d-5a19df1fb14d*
3	2016	*Polish Journal for Sustainable Development* vol.20/ 2016 *https://www.pol-j-sust-dev.ur.edu.pl/tom-nr-20/* także w / *also in Journal of Ecological Engineering* https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-d5893fae-410f-4f3c-a8cd-010f96ff8da1 oraz w / *and in Inżynieria Ekologiczna* 2016
4	2020	*Polish Journal for Sustainable Development* vol.24(1)/ 2020 https://www.pol-j-sust-dev.ur.edu.pl/tom-24-1/

Piąta konferencja w cyklu „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy" miała miejsce w dniach 15-16 maja 2024 r. Po raz kolejny została zorganizowana przez Zakład Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami, obecnie w Instytucie Nauk Rolniczych i Ochrony Środowiska, Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego, a pomagali koledzy z Zakładu Agroekologii i Użytkowania Lasu oraz Zakładu Chemii i Toksykologii Żywności. Jubileuszowa konferencja została przygotowana we współpracy z Polskim Towarzystwem Inżynierii Ekologicznej, Komitetem Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN, Polskim Towarzystwem Gleboznawczym, Polish Chapter of the Principles For Responsible Management Education (PC PRME), Studenckim Kołem Naukowym Zrównoważonego Rozwoju UR oraz INVENT UR sp. z o.o.

Partnerami konferencji byli: Miasto Rzeszów, WFOŚiGW, MPGK Rzeszów, firma Hamburger Recycling Polska

Pod linkiem *https://www.ur.edu.pl/pl/kolegia/kolegium-nauk-przyrodniczych/jednostki-naukowe/inst-nauk-rolnicz-ochrony-i-ksztalt-s/dzialalnosc-badawcza/konferencje-naukowe/v-konferencja-naukowa-retardacja-przeksztalcania-zasobow-srodowiska* można znaleźć szereg informacji o przygotowaniach do konferencji (informacje o organizatorach, partnerach, sponsorach), komitecie organizacyjnym, Radzie Naukowej konferencji oraz o jej programie. Pod linkiem *https://www.ur.edu.pl/pl/uniwersytet/aktualnosci/konferencja-naukowa-retardacja-przeksztalcania-zasobow-srodowiska-osiagniecia-problemy-perspektywy* znajduje się natomiast fotorelacja i podsumowanie konferencji.

Konferencja była okazją do zaprezentowania efektów badań autorów i współautorów 27 referatów oraz autorów i współautorów 69 posterów.

Wnioski z tego spotkania konferencyjnego można przedstawić następująco:

1. Granice planetarnego bezpieczeństwa człowieka zostały przekroczone głównie w obszarze utraty bioróżnorodności, krążenia azotu i fosforu, zmian klimatu oraz zanieczyszczeń. W związku z tym konieczne są działania wdrażające zrównoważone użytkowania zasobów, tak aby móc je wykorzystywać racjonalnie teraz i przekazać je kolejnym pokoleniom.
2. Rozwiązaniem złożonych problemów globalnego współistnienia przyrody oraz zdrowia i innych elementów dobrostanu człowieka, wydaje się być obecnie gospodarka cyrkularna i różne modele partycypacyjnego zarządzania dostosowanego do lokalnych warunków.
3. Mechanizmy wdrażania zrównoważonego rozwoju obejmują aktywność w sferze społecznej, gospodarczej i opiekuńczej działalności wobec przyrody, opartej na symbiozie i współistnieniu.
4. Utrzymanie trwałości ekosystemów w kondycji oraz bezpieczeństwie człowieka wymaga zmiany modelu rozwoju gospodarczego w kierunku oszczędzania zasobów w działalności przemysłowej, rolnictwie regeneracyjnym, leśnictwie wielofunkcyjnym oraz w sferze codziennych wyborów obywateli.
5. Aby osiągnąć powyższe cele ważne jest zrozumienie i zaakceptowanie spowolnienia (retardacji) wykorzystywania i przekształcania szeroko pojętych zasobów środowiska, co wymaga efektywnej edukacji formalnej i nieformalnej. Edukacja powinna objąć jak najszerszy wachlarz społeczeństwa ze szczególnym uwzględnieniem przedsiębiorców, urzędników oraz czuwających nad rozwiązaniami legislacyjnymi polityków.
6. Grupą wymagającą priorytetowej i permanentnej edukacji są konsumenci, którzy podejmując decyzje zakupowe mogą wspierać tych wytwórców towarów i usług, podczas których wytwarzania ograniczone zostaje zużycie zasobów.
7. Zwiększenie tempa i efektywności kreowania warunku odpornego (rezylientnego) społeczeństwa na zmiany klimatu, można osiągnąć poprzez włączanie aktorów lokalnych w kreowanie cyrkularności.
8. Powyższe cele i działania wpisują się w założenia Dekady Restytucji Ekosystemów (2021-2030).

Prace uczestników piątej konferencji „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy", po przejściu przez ich autorów procesu recenzyjnego, zostały wydrukowane w obecnym zeszycie [PJfSD 28(1)/ 2024].

III. 4. *KORELACJA RETARDACJI I ENWIRONMENTALIZMU*

Enwiromentalizm przekracza klasyczne podziały dyscyplin, łączy nowe obszary i metodologie dla rozważań i badań przyrodniczych, antropologicznych i kulturoznawczych. Jako interdyscyplina zajmuje się nie tylko zagadnieniami ekologicznymi, ale i relacjami pomiędzy współczesną kulturą a systemami przyrodniczymi. Z perspektywy kultury, enwironmentalizm włącza się w obszar krytyki społecznej nie tylko poprzez badanie zasad funkcjonowania układów społeczno-polityczno-ekonomicznych, ale i gospodarki energetycznej, zagadnienia z ekologii systemów czy biotechnologii. Badania enwironmentalne poszukują równocześnie nowych modeli opisu relacji człowieka z przyrodą we współczesnym świecie [Culture.pl. 2024, eUTERUS. 2024.].

Potrzebujemy wypracowania nowego modelu rozwijającej się gospodarki, w której przyroda będzie dostarczycielem zasobów w świadczeniach ekosystemowych eksploatowanych w tempie umożliwiającym ekosystemom regularne odnawianie.
Celem nowoczesnej działalności gospodarczej musi przestać być wyłącznie maksymalizowanie zysku, bo to jest długofalowo niemożliwe, ale również dbałość o otoczenie społeczno-przyrodnicze. I to powinno stać się przestrzenią konkurencji między podmiotami gospodarczymi.

Możemy, na przykład, wyobrazić sobie taką sytuację, w której państwa będą ścigać się ze sobą o to, które z nich najbardziej ograniczyło emisje. Nagrodą, przykładowo, będzie możliwość organizacji prestiżowych ogólnoświatowych imprez sportowych, takich jak Olimpiada. Choć na razie brzmi to trochę utopijnie, to bardziej realnie niż propozycja, byśmy nagle wszyscy zostali ascetami. Nie jesteśmy w stanie zabić naszego wewnętrznego "chcieja". Musielibyśmy przestać być ludźmi [Jurszo 2024].

Światowy kryzys to doskonała pora na wielką transformację. Czas na wystudzanie wzrostu, bez chaosu, w krajach rozwiniętych, nie we wszystkich sektorach, potrzebna jest redystrybucja zasobów [Raworth 2023].

IV. PODSUMOWANIE

Obserwując realia społeczno-przyrodniczo-gospodarcze warto zauważyć, że *filozofia dualistyczna* (zakładająca podział istot zamieszkujących Ziemię na *Homo sapiens* i pozostałych przedstawicieli biocenozy) sprzyja nadużyciom i przyznawaniu ludziom szczególnych praw egzystowania kosztem pozostałych gatunków roślin i zwierząt. W jej wyniku, Ziemia podlega organizacji której przyświeca np. cel maksymalizacji plonów i zysku na krótką metę. Takie podejście przyczyniło się do zmiany żyznych wierzchnich warstw gleby w pył, przy okazji uwalniając z ziemi ogromne ilości dwutlenku węgla. Spowodowało to załamanie się populacji owadów i ptaków, a spływające do rzek chemikalia pozatruwały całe ekosystemy wód śródlądowych.

Filozofia animistyczna (filozofia wzajemności) stara się zobaczyć i interpretować realia społeczno-przyrodniczo- gospodarcze holistycznie. Jest to trudne i wymaga stałego rozważania i poszukiwania rozwiązań, także ponownie adaptowanych z przeszłości. Metodami agroekologii regeneratywnej, odbudowywane są odporne ekosystemy (aby na nowo ożywić glebę i przywrócić jej żyzność stosuje się kompost, nawozy organiczne i płodozmian). Na obszarach, gdzie zastosowano te metody, wzrosły plony, powróciły dżdżownice, odrodziły się populacje owadów i na nowo pojawiły się liczne gatunki ptaków. Przy tym zaś - co może najcenniejsze - odżywione gleby znowu wiążą duże ilości atmosferycznego dwutlenku węgla. W duchu filozofii wzajemności można rozważać i rozwiązywać większość otaczających nas spraw: nawet tak prostą jak fakt, że wydłużając obowiązkową gwarancję towarów np. do dziesięciu lat, łatwo uda się zwiększyć motywację producentów do projektowania trwalszych towarów lub ułatwiania ich naprawy. Może to spowodować retardację przekształcania zasobów środowiska, dać szansę przyrodzie na odtworzenie swoich mechanizmów homeostatycznych, a w rezultacie skutkować ponowną dostępnością dla *Homo sapiens* pełniejszych świadczeń ekosystemowych. Opieka nad przyrodą i jej zrównoważone wykorzystywanie opłaca się, jest bowiem istotną częścią długofalowej strategii koegzystencji człowieka z innymi organizmami na Ziemi. W związku z organizacją spotkań na konferencjach naukowych poświęconych retardacji przekształcania zasobów założono, że dyskusje nad różnymi formami retardacji procesów przyrodniczo-społeczno-ekonomicznych mogą prowadzić do powstania nowych koncepcji,

przyczyniając się do wzrostu świadomości i kultywowania zrównoważonego rozwoju. Trzeba tu jednak koniecznie zauważyć i podkreślić, że powinno to ewoluować w ramach już istniejących i zidentyfikowanych warunków środowiskowych, społecznych i ekonomicznych. Stosowanie retardacji będzie także oznaczało zgodę na naśladowanie natury poprzez stosowanie reguł stworzonych przez człowieka (dostosowanych kulturowo i pod wpływem świadomości) i w pewnym sensie wyprzedzanie reakcji natury, która przecież ma własne mechanizmy bezwarunkowo wymuszające retardację, w tym wymuszone wymieranie.

Praktyczne zastosowanie retardacji powinno być dokładniej badane ze względu na fakt, że podobnie jak w niektórych przypadkach biologicznego uwarunkowania, retardacja może zmniejszyć elastyczność organizmów i całych populacji danego gatunku w celu szybkiego i odpowiedniego dostosowania się do nagłych zmian warunków życia w środowisku. Jeśli chodzi o związek ze społeczną i kulturową organizacją życia *Homo sapiens*, mogłoby to prowadzić do dezorganizacji i niebezpiecznych turbulencji.

Promując retardację zarówno w tempie życia, jak i w odniesieniu do niekorzystnych zmian w usługach świadczonych ludziom przez ekosystemy, powinniśmy zwrócić uwagę na dwuznaczny charakter procesu biologicznego i społecznego retardacji i wziąć pod uwagę wymiar kulturowy ludzi, którzy są w stanie manipulować spowolnieniem w sposób inteligentny, nie tracąc przy tym elastyczności adaptacyjnej.

Standardy i wartości stanowiące rdzeń zrównoważonego rozwoju wydają się być historycznie nieodłączne dla ludzkiej kultury, jednak uważa się, że edukacja na rzecz zrównoważonego rozwoju (w tym retardacji) jest nadal konieczna. Ponadto asymilacja aktualnej wiedzy na temat zrównoważonego rozwoju będzie możliwa dzięki odpowiednim politykom przyjmowanym przez władze lokalne, regionalne i krajowe oraz dzięki szerokiemu zaangażowaniu społeczeństwa w procesy mające na celu uporządkowanie rzeczywistości i współrządzenie.

Konferencje „Retardacja przekształcania zasobów środowiska – Osiągnięcia, problemy, perspektywy" umożliwiają spotkania i dyskusję różnych specjalistów (naukowców i praktyków, przedstawicieli decydentów, młodzieży i znawców różnych dziedzin naszego życia), w duchu spowolnienia czasu i poszukiwań najmniej niekorzystnych rozwiązań problemów rozwoju gospodarczego i naprawy relacji człowieka z przyrodą.

BIBLIOGRAFIA

1. Antonkiewicz J., Kuc A., Witkiewicz R. 2016. Wpływ osadu ściekowego na właściwości chemiczne gleby i skład chemiczny pszenicy jarej. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
2. Balawejder M., Józefczyk R., Piechowiak T. 2020. Ozonowanie jako małoinwazyjna metoda oczyszczania elementów środowiska. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
3. Baran-Zgłobicka B. 2013. Retardacja przekształcania zasobów przyrodniczych w południowo-wschodniej Polsce w świetle wybranych dokumentów strategicznych. Inżynieria Ekologiczna. 34. 76-88.
4. Bilek M., Pytko J., Sosnowski S. 2016a. Badanie trwałości soków drzewnych brzozowych. Pol. J. Sust. Dev. 20. 7-14. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.1.
5. Bilek M., Stawarczyk K., Gostkowski M., Cieślik E. 2016b. Zawartość kadmu w sokach wybranych gatunków drzew. Pol. J. Sust. Dev. 20. 15-20. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.2.

6. Borowski G. 2020. Biokompozyty polimerowe jako materiały przyjazne środowisku przyrodniczemu. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
7. Borsa M. 2016. Świadomość i partnerstwo społeczne jako instrument polityk publicznych dla zrównoważonego rozwoju. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
8. Borsa M. 2020. Wpływ wartości środowiskowo-krajobrazowych na możliwości retardacji presji inwestycyjnej. Pol. J. Sust. Dev. 24. 7-16. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.1.
9. Ciesielczuk T., Rosik-Dulewska Cz., Kusza G. 2016. Ekstrakcja fosforu z osadów ściekowych i popiołów ze spalania osadów – analiza problemu. Pol. J. Sust. Dev. 20. 21-28. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.3.
10. Ciesielczuk T., Rosik-Dulewska Cz., Kusza G. 2020. Pozyskiwanie biopaliw płynnych. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
11. Culture.pl. 2024. Mały słownik sztuki technologicznej. [dok. elektr. *https://culture.pl/pl/artykul/maly-slownik-sztuki-technologicznej*, dostęp. 7.09.2024].
12. Chackiewicz M., Kostecka J. 2017. Zatrzymania zasobów różnorodności biologicznej chronionych konwencją Waszyngtońską (CITES) dokonywane przez polską służbę celną. Inżynieria Ekologiczna, 18(3). 129-138. DOI: 10.12912/23920629/70884.
13. Czech T., Gambuś F., Wieczorek J. 2013. Ocena składu chemicznego materiałów odpadowych ze spalania węgla kamiennego w aspekcie możliwości ich rolniczego i środowiskowego wykorzystania. Inżynieria Ekologiczna. 34. 89-95.
14. Czerniakowski Z. 2016. Miejskie farmy jako alternatywa dla nieroztropnej urbanizacji. Pol. J. Sust. Dev. 20. 29-36. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.4.
15. Czerniakowski Z.W., Gargała-Polar M. 2020. Ogrody deszczowe jako sposób retardacji strat wody opadowej w terenach zieleni miejskiej. Pol. J. Sust. Dev. 24. 17-24. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.2.
16. Czopek S. 2016. Zasoby środowiska a działalność człowieka prehistorycznego. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
17. Dołęga J. 2010. Problem retardacji w sozologii systemowej i zasadach zrównoważonego rozwoju. Biuletyn KPZK PAN. 242. 12-26.
18. Dyguś K. 2013. Roślinność dwóch składowisk odpadów komunalnych Mazowsza. Inżynieria Ekologiczna. 34. 96-120.
19. Dyguś K. 2016. Roślinność wieloletniego doświadczenia na modelowym złożu odpadów paleniskowych energetyki węglowej. Część III. Pol. J. Sust. Dev. 20. 45-58. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.6.
20. Dyguś K. 2020. Ekologiczne skutki wieloletniej działalności leśnej oczyszczalni ścieków Zakładów przemysłu ziemniaczanego w Iławie. Pol. J. Sust. Dev. 24. 25-38. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.3.
21. Dżugan M., Monika Tomczyk M. 2020. Zawartość metali ciężkich w miodach miejskich. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
22. Dżugan M., Sidor E. 2020. Mikroplastik i rPET - dwa oblicza plastiku. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.

23. eUTERUS. 2024. Enwironmentalizm. [dok. elektr. *https://euterus.pl/slowko/enwironmentalizm/*. dostęp. 7.09.2024].
24. Garczyńska M., Mazur-Pączka A., Pączka G., Kostecka J. 2017. Botanika Stosowana I. Ochrona drzew i krzewów w procesach inwestycyjnych w mieście. Inżynieria Ekologiczna. 18(3). 139-149. DOI: 10.12912/23920529/70885.
25. Garczyńska M., Pączka G., Mazur-Pączka A., Podolak A., Szura R., Kostecka J. 2020. Wybrane możliwości zagospodarowania niekonwencjonalnych odpadów biodegradowalnych. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
26. Gibas P., Majorek A. 2020. Gospodarowanie przestrzenią polskich miast w latach 2012-2018 w kontekście zrównoważonego rozwoju. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
27. Giordano K. 2010. Wartościowanie przestrzeni jako instrument ekonomiczny monitorowania zrównoważonego rozwoju i retardacji zmian środowiska. Biuletyn KPZK PAN. 242. 121-132.
28. Głowacka A., Mazur J., Bering S., Tarnowski K. 2020. Odpady gastronomiczne jako potencjał dla retardacji negatywnego przekształcania ekosystemów. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
29. Grygorczuk-Petersons E., Wiater J. 2016. Dzikie wysypiska w gminie Klukowo w województwie podlaskim. Pol. J. Sust. Dev. 20. 59-66. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.7.
30. Hickel J. 2022. Mniej znaczy lepiej. O tym, jak odejście od wzrostu gospodarczego ocali świat. Wyd. Karakter.
31. Hoły-Łuczaj M. 2018: Postnaturalny enwironmentalizm – etyczna emancypacja artefaktów w filozofii środowiskowej. Humanistyka i Przyrodoznawstwo. 23. 91-106. https://doi.org/10.31648/hip.320.
32. Jadach-Sepioło A. 2020. Retardation of changes in peripheral areas of cities - investment strategy or inaction? Pol. J. Sust. Dev. 24. 39-48. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.4.
33. Jakubiak M., Urbański K. 2016. Rekultywacja powierzchni użytkowanych przyrodniczo jako jeden z aspektów retardacji, na przykładzie fragmentu terenu byłych KZS "Solvay" i osiedla "Kurdwanów Nowy. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
34. Janikowski R. 2013. Retardacja jako element konceptualizacji rozwoju zrównoważonego. Inżynieria Ekologiczna. 34. 5-16.
35. Januszewicz P. 2023. Czy klimat zabije nasze wnuki. Wykład na I TED^{X} Rzeszów. dok. elektr.: *https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Januszewicz+P.+2023.+Czy+klimat+zabije+nasze+wnuki.+#fpstate=ive&vld=cid:cc5b922c,vid:sWa82IKoHyI,st:0.*
36. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2013. Zużycie środków do produkcji rolniczej w kontekście retardacji przemian rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Inżynieria Ekologiczna. 34. 121-128.
37. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2020. Rozwój rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2004-2018. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
38. Jurczyk Ł. 2010. Spowalnianie wykorzystywania zasobów przyrodniczych w rybactwie śródlądowym. Biuletyn KPZK PAN. 242. 186-198.

39. Jurczyk Ł., Koc-Jurczyk J. 2017. Thermal conversion of municipal waste into energy: prospects for the sub-carpathia. J. Ecol. Eng. 18(2).157-165. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/68300.
40. Jurczyk Ł. Pączka G. 2013. Zasady c&r w opinii wędkujących w wodach regionu podkarpackiego. Inżynieria Ekologiczna. 34. 129-139.
41. Jurszo R. 2024. Magdalena Salik: Możemy być na ścieżce do ekoterroryzmu klimatycznego. *https://wyborcza.pl/7,177851,31260314,magdalena-salik-mozemy-byc-na-sciezce-do-ekoterroryzmu-klimatycznego.html#S.TD-K.C-B.1-L.1.duzy.*
42. Kalinowska A. 2016. Jak przyspieszyć zmiany świadomości by spowolnić tempo utraty różnorodności biologicznej? Pol. J. Sust. Dev. 20. 67-76. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.8.
43. Kalinowska A. 2020. Raporty na temat różnorodności biologicznej w globalnej strategii komunikacji społecznej. Pol. J. Sust. Dev. 24. 47-54. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.5.
44. Kaniuczak J., Stanek-Tarkowska J., Knap R., Alvares B., Pajączek A. 2013a. Zasoby i struktura użytkowania powierzchni ziemi i gleb w województwie podkarpackim. Inżynieria Ekologiczna. 34. 140-148.
45. Kaniuczak J., Stanek-Tarkowska J., Augustyn Ł., Szostek M., Knap R., Szewczyk A. 2013b. Wykorzystanie i ochrona zasobów powierzchni gruntów w województwie podkarpackim. Inżynieria Ekologiczna. 34. 149-157.
46. Kaniuczak J., Nazarkiewicz M., Hajduk E., Gąsior J., Właśniewski S. 2016. Geotermia a ochrona zasobów środowiska. Pol. J. Sust. Dev. 20. 77-84. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.9.
47. Kasprzak K. 2016. Wydawnictwa Oficyny ABRYS jako zadanie edukacyjne. Upowszechnianie retardacji jako element alternatywnej edukacji. Część I. Pol. J. Sust. Dev. 20. 85-92. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.10.
48. Kasprzak K. 2017. Wydawnictwa oficyny ABRYS jako zadanie edukacyjne. Upowszechnianie retardacji jako element alternatywnej edukacji. Część II. Pol. J. Sust. Dev. 21 (1). 15-24. DOI: 10.15584/pjsd.2017.21.1.2.
49. Kasprzak K. 2020. Tożsamość regionalna w planowaniu przestrzennym – wielkopolska 2020+Refleksje i komentarz. Pol. J. Sust. Dev. 24. 55-66. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.6.
50. Kasprzak K., Raszka B. 2010. Zabudowa otuliny Wielkopolskiego Parku Narodowego - studium przypadku. Biuletyn KPZK PAN. 242. 199-207.
51. Katechizm Kościoła Katolickiego. 1994. Za zgodą i w oparciu o wydanie PALLOTTINUM. Opracowanie internetowe - ks. Mirosław Baranowski. [dokument elektr.: *http://www.katechizm.opoka.org.pl/rkkkIII-2-2.htm*. data wejścia 20.06.2024].
52. Kiryluk A. 2013. Retardacja przekształcania warunków siedliskowych torfowiska niskiego w dolinie rzeki Supraśli. Inżynieria Ekologiczna. 34. 158-165.
53. Kiryluk A. 2017. Changes of the physical-waters properties of murshic endofibric histosols in the aspect of long-term investigation on the drainage object Supraśl Dolna. J. Ecol. Eng. 18(5). 90-95. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/74619.
54. Kiryluk A., Kostecka J. 2020. Uprawa lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) na polskiej wsi. Pol. J. Sust. Dev. 24. 67-76. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.7.
55. Kistowski M. 2010. Retardacja w gospodarce przestrzennej – dylematy i kierunki wdrażania w warunkach polskich. Biuletyn KPZK PAN. 242. 90-108.
56. Kistowski M., Grzybowski P. 2013. Natężenie i redukcja obciążenia środowiska skutkami antropopresji w polsce w latach 2000-2009 - studium przestrzenne w ujęciu gminnym. Inżynieria Ekologiczna. 34. 17-28.

57. Koc J., Duda M., Skonieczek P. 2010. Rola zbiornika retencyjnego w odnowie jakości wód powierzchniowych w zlewni rolniczej. Biuletyn KPZK PAN. 242. 148-167.
58. Koc-Jurczyk J. 2013. Mikrobiologiczne usuwanie metali ciężkich ze ścieków. Inżynieria Ekologiczna. 34. 166-172.
59. Koc-Jurczyk J., Jurczyk Ł., Olszówka K. 2017. Efficiency of pre-treatment of leachate from municipal waste dumps by gaseous desorption (stripping) of ammonia. J. Ecol. Eng. 18(3):125-132. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/70203.
60. Kolbert E. 2014. The Sixth Extinction: An Unnatural History. Henry Holt and Company. ISBN *978080509979-9.*
61. Kopeć M., Gondek K. 2013. Wapnowanie TUZ metodą opóźnienia wyczerpania glebowych zasobów mikroelementów. Inżynieria Ekologiczna. 34. 29-37.
62. Kopeć M., Gondek K. 2016. Znaczenie wieloletnich doświadczeń i problemy upływu czasu w metodach badawczych z obszaru nauk przyrodniczych. Pol. J. Sust. Dev. 20. 93-104. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.11.
63. Kopeć M., Mierzwa-Hersztek M., Gondek K., Zaleski T., Bogdał S., Bieniasz M., Błaszczyk J., Knaga J., Nawrocki J., Pniak M. 2020. Odzysk odcieków z uprawy truskawki powtarzającej owocowanie elementem retardacji. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
64. Kostecka J. 2010a. Retardacja przekształcania zasobów przyrodniczych jako element zrównoważonego rozwoju. Biuletyn KPZK PAN. 242. 27-49.
65. Kostecka J. 2010b. Wybrane oblicza retardacji przekształcania zasobów przyrody. Homo Naturalis. Uniwersytet Wrocławski / Politechnika Wrocławska. 19-25.
66. Kostecka J. 2013a. Retardacja tempa życia i przekształcania zasobów przyrody – wybrane implikacje obywatelskie. Inżynieria Ekologiczna. 34. 38-52.
67. Kostecka J. 2013b. Self-evaluation on the Way to Retardation of Pace Life and Resources Transformation. Problemy Ekorozwoju. 8(2). 93-102. *https://ph.pollub.pl/index.php/preko/article /view/4853*
68. Kostecka J. 2016. Retardacja przekształcania zasobów. Osiągnięcia, problemy, perspektywy. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
69. Kostecka J. 2020. Retardacja tempa przekształcania ekosystemów – kreowanie przestrzeni w oparciu o markę terytorialną „przyjazny dla środowiska przyrodniczego. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
70. Kostecka J., Butt K.R. 2019. Violence on the Natural Environment. Problemy ekorozwoju – problems of sustainable development , vol. 14. no 2. s.183-189.
71. Kostecka J., Baran A., Majerski A., Augustyn K. 2016a. Projekt edukacyjny „Apel – my dla ziemi". III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
72. Kostecka J., Koc-Jurczyk J. 2010. Odpady niebezpieczne a problem retardacji przekształcania zasobów przyrodniczych. Biuletyn KPZK PAN. 242. 168-185.
73. Kostecka J., Koc-Jurczyk J., Garczyńska M. 2016c. Rozważania na temat zrównoważonej gospodarki odpadami. Pol. J. Sust. Dev. 20. 105-118. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.12.
74. Kostecka J., Konieczna K., Cunha L.M. 2017. Evaluation of insect-based food acceptance by representatives of polish consumers in the context of natural resources

processing retardation. J. Ecol. Eng. 2017; 18(2):166-174. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/68301.
75. Kostecka J., Mazur A., Mazur B. 2010a. Postawy „mieć" i „być„ w odczuciu studentów rolnictwa i ekonomii biznesu. Biuletyn KPZK PAN. 242. 76-89.
76. Kostecka J., Mazur-Pączka A., Garczyńska M., Pączka G., Jasińska T., Jastrzębska J. 2016b. Ocena możliwości powrotu do wybranych tradycyjnych sposobów dodatkowego zarobkowania w obszarach wiejskich. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
77. Kostecka J., Mroczek J.R., Garczyńska M. 2010b. Szacunek dla pracy rolnika w kontekście potrzeb retardacji zmian przestrzeni w obszarach wiejskich. Biuletyn KPZK PAN. 242. 133-147.
78. Kostecka J., Pączka G. 2016. Jak bionika może zainspirować architekta krajobrazu? Pol. J. Sust. Dev. 20. s. 119-130. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.13.
79. Kostecka J., Koc-Jurczyk J., Garczyńska M., Podolak A. 2020. Ocena cyklu życia jako wsparcie organizacji zrównoważonej gospodarki odpadami komunalnymi. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
80. Kostecka J., Garczyńska M., Mazur-Pączka A. 2020. Powrót do szerokiego spożywczego wykorzystywania flory i fauny jako praktyczny element procesu retardacji destrukcji ekosystemów. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
81. Kostecka J., Walat W. 2020. Edukacja dla spowalniania przekształcania zasobów środowiskowychw obrębie ogólnouniwersyteckiego przedmiotu „Wychowanie techniczne" na tle realizacji w niektórych państwach europejskich. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
82. Kozak M. 2016. Zwiększanie partycypacji społecznej w planowaniu przestrzeni – polskie doświadczenia. Pol. J. Sust. Dev. 20. 131-136. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.14.
83. Lemkowska B. 2013. Skutki spowolnienia przekształcania siedlisk hydrogenicznych w wyniku zaniechania eksploatacji kredy jeziornej. Inżynieria Ekologiczna. 34. 173-180.
84. Łuszczyk M. 2010. Kontrowersje dotyczące sposobu zapewnienia trwałości kapitału przyrodniczego. Biuletyn KPZK PAN. 242. 65-75.
85. Mazur-Pączka A., Podolak-Machowska A., Kostecka J. 2016. Cohousing jako metoda na spowalnianie przekształceń zasobów środowiska. Pol. J. Sust. Dev. 20. 137-145. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.15.
86. Mazur-Pączka A., Pączka G., Garczyńska M., Szura R., Kostecka J. 2020. Lumbricidae w uprawach przeznaczonych na cele energetyczne. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
87. Miłek M. 2020. Wykorzystanie enzymów do odzyskiwania cennych substancji bioaktywnych z odpadów z przemysłu spożywczego. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
88. Mroczek J.R. 2010. Problematyka retardacji w produkcji zwierzęcej. Biuletyn KPZK PAN. 242. 208-218.
89. Mroczek J. 2013. Dobrostan zwierząt jako element retardacji przekształcania zasobów w produkcji zwierzęcej. Inżynieria Ekologiczna. 34. 181-188.

90. Mroczek J., Kostecka J., Korczyńska M. 2013. Ocena roli programu rolnośrodowiskowego w postrzeganiu przez rolników wybranych aspektów problematyki środowiskowej. Inżynieria Ekologiczna. 34. 189-197.
91. Nowak D., Jasiewicz Cz., Szczerbińska-Byrska M. 2013. Środowiskowe aspekty użytkowania, zagospodarowania i unieszkodliwiania wełny mineralnej w kontekście retardacji zanieczyszczania zasobów środowiska przez odpady. Inżynieria Ekologiczna. 34. 198-205.
92. Pasternakiewicz A., Pacuła S., Kaniuczak J., Pieniążek M., Szostek M., Dżugan M. 2020. Możliwość wykorzystania grzybów jadalnych jako bioindykatorów obecności metali ciężkich w środowisku. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
93. Pączka G., Kostecka J., Mazur-Pączka A., Garczyńska M. 2016. Wybrane elementy wermikompostowania wysłodków buraczanych jako metody odzysku składników pokarmowych roślin. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
94. Pęczkowski G., Walczak A., Adamczewska-Sowińska K., Sowiński J., Wolski K., Kaszuba M., Reiner J., Skierucha W., Baranowski P., Pokładek R., Kowalczyk T., Szawernoga K., Janik G., Lubos J. 2020. Koncepcja iniekcyjnego nawadniania i nawożenia roślin uprawnych w aspekcie rolnictwa precyzyjnego. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
95. Piechowiak T., Józefczyk R., Balawejder M. 2020. Przetwarzanie odpadów z produkcji cebuli w żywność funkcjonalną. Pol. J. Sust. Dev. 24. 103-116. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.11.
96. Poskrobko B. 2010. Nowe podejście do bogactwa przyrodniczego jako podstawa retardacji wykorzystania zasobów. Biuletyn KPZK PAN. 242. 50-64.
97. Poskrobko B., Kostecka J. 2016. Retardacja w świadomości społecznej. Pol. J. Sust. Dev.. 20. 145-159. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.16.
98. Puchalski Cz., Zapałowska A. 2016. Ocena jakości peletów i brykietów wytwarzanych z biomasy roślinnej. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
99. Raszka B. 2010. Narzędzia retardacji przekształceń środowiska w gospodarce przestrzennej. Biuletyn KPZK PAN. 242. 109-120.
100. Raszka B., Kasprzak K. 2016. Turystyka w planie ochrony Wielkopolskiego Parku Narodowego – studium przypadku. Pol. J. Sust. Dev. 20. 161-168. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.17.
101. Raworth K. 2023. Ekonomia obwarzanka. Siedem sposobów myślenia o ekonomii XXI wieku]. Wydawnictwo Krytyki Politycznej.
102. Roman Rudnicki R., Mieczysław Kluba M., Aleksandra Jezierska-Thöle A., Barbara Szyda B., Wiśniewski Ł. 2020. Nawożenie naturalne w strukturze nawożenia w zrównoważonym rolnictwie - na przykładzie Polski. Pol. J. Sust. Dev. 24. 117-126. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.12.
103. Sądej W., Żołnowski A., Mróz M. 2016. Gospodarka odpadami komunalnymi w gminach wiejskich w świetle zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
104. Sidoruk M., Koc J., Szarek J., Skibniewska K., Guziur J., Zakrzewski J. 2013. Wpływ produkcji pstrąga w stawach betonowych z kaskadowym przepływem wody na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych. Inżynieria Ekologiczna. 34. 206-213.

105. Siuta J. 2013. Fitomelioracja środowiska i krajobrazu niezbędnikiem cywilizacji. Inżynieria Ekologiczna. 34. 53-61.
106. Siuta J. 2016. Jak inżynieria ekologiczna przyczyniła się do kontynuowania budowy i rozwoju elektrowni Opole. Inż. Ekolog. 49. 1-7. DOI: https://doi.org/10.12912/23920629/64531.
107. Skorbiłowicz E., Skorbiłowicz M., Misztal W. 2016a. „Metale we frakcjach ziarnowych osadów dennych rzeki Sokołdy i jej dopływów. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
108. Skorbiłowicz E., Skorbiłowicz M., Cieślik I. 2016b. Pszczoły jako bioindykatory zanieczyszczeń środowiska metalami ciężkimi. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
109. Skrzypczyński R. 2024. Paradygmat wzrostu jako kluczowa bariera dla retardacji przekształcania zasobów środowiska. V Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
110. Skubała P. 2014a. Nowy enwironmentalizm - rewolucja w sposobie myślenia o ochronie przyrody. Zeszyty Naukowe. 17. 91- 99. *https://www.pol-j-sust-dev.ur.edu.pl/zeszyt-17/.*
111. Skubała P. 2014b. Nowy enwironmentalizm. Dzikie Życie. 11/245. *https://dzikiezycie.pl/archiwum/2014/listopad-2014/nowy-enwironmentalizm.*
112. Skubała P. 2021. Nowy enwironmentalizm w dobie kryzysu środowiskowego. Aura. Ochrona środowiska.12. 22-23.
113. Skwierawski A. 2016. Możliwości retardacji przekształceń oraz perspektywy poprawy stanu ekosystemów w praktykach ochrony płytkich jezior. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
114. Skwierawski A. 2020. Akumulacja materii w osadach dennych renaturyzowanych zbiorników wodnych jako potencjalna metoda wycofywania węgla z atmosfery. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
115. Sokołowicz Z., Topczewska J. 2016. Ekologiczna produkcja zwierzęca jako element zrównoważonego rozwoju. Pol. J. Sust. Dev.. 20. 169-176. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.18.
116. Sokołowicz Z., Augustyńska-Prejsnar A., Topczewska J., Ormian M., Lechowska J. 2020. Rozwój alternatywnych systemów chowu jako element retardacji oddziaływania produkcji drobiarskiej na środowisko. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
117. Stachowski P., Oliskiewicz- Krzywicka A., Walczak N. 2020. Rekultywacja wodna terenów pogórniczych w Konińsko -Tureckim Zagłębiu Węgla Brunatnego. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
118. Szawernoga K., Pęczkowski G. 2020. Wpływ warunków meteorologicznych na kształtowanie się mikroklimatu zielonych ścian w strefie podmiejskiej Wrocławia. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
119. Szymczyk S., Świtajska I.J. 2013. Wpływ użytku ekologicznego na ograniczenie odpływu zanieczyszczeń z zagrody wiejskiej. Inżynieria Ekologiczna. 34. 214-221.

120. Szymczyk S. 2016. Zasoby wód gruntowych na plantacji wierzby uprawianej na cele energetyczne. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
121. Szymczyk S. 2020. Czynniki wpływające na eutrofizację jeziora Łajskiego. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
122. Śliwka M. 2013. Możliwości wykorzystania gazu składowiskowego jako paliwa pojazdów mechanicznych w Polsce. Inżynieria Ekologiczna. 34. 222-228.
123. Śliwka M., Pawul M., Kępys W., Pomykała R. 2017. Waste management options for the combustion by-products in the context of the retardation of soil resources' depletion. J. Ecol. Eng. 18(5). 216-225. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/76213.
124. Śliwka M., Pawul M., Uliasz-Bocheńczyk A. 2020. Ocena właściwości popiołów fluidalnych z węgla i biomasy w kontekście retardacji wyczerpywania zasobów. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów.
125. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Headline Messages. 2021. ISBN 978-1-911680-31-4. *https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review*.
126. Topczewska J., Lechowska J., Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z. 2020. Ekstensywny system chowu zwierząt gospodarskich jako element retardacji degradacji środowiska. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
127. Wiater J. 2020. Sposoby przetwarzania osadów ścieków komunalnych i ich wpływ na zmiany stosunku C:N. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
128. Wiater J. 2020. Bioakumulacja wybranych metali ciężkich w kukurydzy uprawianej na paszę. Pol. J. Sust. Dev. 24. 127-136. DOI:10.15584/pjsd.2020.24.1.13.
129. Wilson E. O. 1999. Różnorodność życia. PIW. Warszawa. ss. 508.
130. Wiśniowska-Kielian B., Niemiec M., Arasimowicz M. 2013. Przydrożne zbiorniki ścieków opadowych jako element ochrony jakości wód. Inżynieria Ekologiczna. 34. 62-75.
131. Wiśniowska-Kielian B. 2016. Wykorzystywanie fosforu z osadów ściekowych jako sposób na retardację użytkowania zasobów fosforytów. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
132. Wiśniewska M., Pusz A., Rogalski D. 2020. Analiza kierunków rekultywacji i zagospodarowania terenów pogórniczych na wybranych przykładach. IV Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.
133. Zysk W. 2024. Kolorowe łabędzie, innowacje, technologia. Rola nowych czynników wytwórczych. Pol. J. Sust. Dev. 28 (1). 241-250. DOI:10.15584/pjsd.2024.28.1.26.
134. Żmuda R., Pokładek R. 2016. Zalesienia i zadrzewienia - czynnik zwiększający małą retencję na obszarach rolniczych. III Konf. „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - Osiągnięcia, problemy, perspektywy". UR Rzeszów. streszczenia.

THE CONCEPT OF A NEW ENVIRONMENTALISM – AN ATTEMPT TO CONNECT WITH THE TOPIC OF CONFERENCES “RETARDATION OF TRANSFORMATION OF ENVIRONMENTAL RESOURCES - ACHIEVEMENTS, PROBLEMS, PERSPECTIVES”

Summary

The article recalls the source of the title of five cyclical conferences "Retardation of environmental resource transformation - achievements, problems, prospects" and presents the justification for slowing down the transformation of environmental resources, linking it to transdisciplinary environmentalism. The topics of the presentations of the participants of the five aforementioned conferences were compared. These presentations can be examples of spaces in which problems that need to be solved have been considered. Solving them was related to the retardation of the transformation of broadly understood environmental resources. It seems that such a direction of thought, search for a solution and actions may be necessary for effective protection of resources and is a necessary way of interpreting the far-sighted strategy of human existence.

Keywords: *environmentalism, retardation, scientific conference, holism, interdisciplinarity*

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 29-36. rok 2024

ANNA BARAN

Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Pracownia Architektury Krajobrazu, e-mail: *boabaran@poczta.fm*

EDUKACJA ARCHITEKTA KRAJOBRAZU DLA RETARDACJI PRZEKSZTAŁCANIA ZASOBÓW PRZYRODY – ZNACZENIE OBIEKTÓW ARCHITEKTURY ZACIENIAJĄCYCH PRZESTRZEŃ

Egzystencja coraz liczniejszej populacji człowieka w szeroko pojętym środowisku XXI wieku, prowadzi do zachwiania równowagi w przyrodzie. Poszukiwanie rozwiązań tego problemu wymaga pilnej edukacji oraz działań, w których dużą wagę i nadzieję przypisuje się roli architekta krajobrazu. Edukacja współczesnego człowieka powinna zmierzać w kierunku możliwości wyboru takich rozwiązań i działań, które będą wywierać najmniej negatywne wpływy na otaczające go środowisko. Tego typu działania wymagają przemyśleń w stronę retardacji niekorzystnych przekształceń wszystkich zasobów przyrody. W publikacji opisano przykłady projektowania obiektów architektury zacieniającej przestrzeń.

Słowa kluczowe: retardacja, zasoby przyrody, edukacja, architekt krajobrazu, zacienianie

I. WSTĘP

Jesteśmy świadomi problemów gwałtownego wzrostu globalnej populacji człowieka w szeroko pojętym środowisku XXI wieku i zachwianej relacji z przyrodą. Poszukiwanie rozwiązań tych problemów wymaga pilnej edukacji oraz działań, w których duża rola przypada dla przedstawicieli każdej profesji. Edukacja współczesnego człowieka powinna zmierzać w kierunku możliwości wyboru tych rozwiązań i działań, które będą wywierać najmniej negatywne wpływy na otaczające go środowisko. Tego typu działania wymagają przemyśleń w stronę retardacji niekorzystnych przekształceń wszystkich zasobów przyrody [Kostecka 2009, Poskrobko i Kostecka 2016, Kostecka i in. 2017].

Z użytkowaniem i eksploatacją środowiska przyrodniczego mamy do czynienia odkąd człowiek pojawił się na ziemi. Przez długie wieki jego zasoby traktowano jak dobra wolne, a przyroda dawała schronienie, żywność i możliwość działań gospodarczych, przy czym najczęściej stopień ich użytkowania nie zagrażał trwałości ekosystemów. Obecnie potrzebujemy społeczeństwa, które traktuje krajobraz i jego elementy jako zasoby tylko potencjalnie odnawialne. Należy go więc wykorzystywać z rozwagą.

Duże znaczenie dla prawidłowego kształtowania terenów naturalnych i kulturowych w kontekście estetyki i funkcjonalności miejsca, ma szeroka edukacja architekta krajobrazu, ponieważ to na nim spoczywa odpowiedzialność za nienaruszenie praw etycznych i humanitarnych dotyczących równowagi pomiędzy naturalnym bytem przyrody, a zaspakajaniem egzystencjalnych potrzeb ludzkich. Architekt krajobrazu, we współpracy z projektantem architektury i urbanistyki ma duży wpływ na kształtowanie krajobrazu kulturowego (antropogenicznego) [Simonds 2006, McHarg 1969, Wojnicz 2006], oraz duże możliwości zachowywania pozostałości krajobrazów naturalnych.

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.2

Ma też wpływ na ekonomiczne i pro-ekologiczne prowadzenie gospodarki krajobrazem, dając tym samym podłoże dla podejmowania działań ku zrównoważonemu wykorzystywaniu zasobów przyrody [Kostecka 2007, 2008].

Architekt krajobrazu zajmuje się projektowaniem terenów zieleni w przestrzeniach miejskich, wiejskich a także leśnych, gdzie powinien reprezentować wysoce odpowiedzialne i strategiczne działania społeczne dla świadomego nienaruszania równowagi pomiędzy przyrodą a zaspakajaniem egzystencjalnych potrzeb ludzkich.

Celem artykułu jest przekazanie własnych przemyśleń na temat znaczenia działań architekta krajobrazu dla spowolnienia negatywnych przekształceń zasobów przyrody. Jako przykład obszaru, gdzie można te przemyślenia uwzględniać, zaprezentowano obiekty architektury zacieniające przestrzeń.

II. METODYKA BADAŃ

Dokonano przeglądu dostępnej literatury, własnej wiedzy i doświadczenia w zakresie możliwości kształtowania wrażliwości i umiejętności działania architekta krajobrazu dla spowolnienia negatywnych przekształceń zasobów przyrody, w tym przestrzeni przyrodniczej i zurbanizowanej w różnych obszarach. Danych literaturowych zamieszczonych w pracy wyszukiwano w dostępnych bazach danych, uwzględniając zarówno bezpośrednią jak i pośrednią literaturę zagadnienia; w tym prace oryginalne i przeglądowe. Korzystano także z obszernej netografii w sieci internetowej.

III. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Potrzeba edukacji ekologicznej i dla zrównoważonego rozwoju

Na kierunku „Architektura Krajobrazu", rolą nauczyciela akademickiego w edukacji studentów jest uwrażliwienie ich nie tylko na estetykę i funkcjonalność projektowanych przestrzeni (np. użytkowych, parkowych, urbanistycznych, krajobrazowo-przyrodniczych itp.), ale przede wszystkim na dylematy z jakimi dziś boryka się współczesna cywilizacja. Należy podkreślić, że ważnym problemem całej planety, na której obecnie zakłócana jest równowaga ekologiczna, jest ponad dwukrotne zwiększenie się od lat 50-tych ubiegłego XX wieku, liczby ludności zamieszkującej Ziemię (ryc. 1, 2, 3). Jest to problem trudny, bo ma poważny wpływ m.in. na zagarnianie z ekosystemów powierzchni dla budownictwa na całej Planecie. Ze wspomnianego tytułu rośnie także potrzeba na produkcję energii, stosowanie nowych (także zasobochłonnych) technologii przemysłowych, rozbudowę terenów nie tylko mieszkalnych, ale też wyznaczanie ciągle nowych obszarów przemysłowych i równolegle miejsc gromadzenia wszelkiego rodzaju odpadów [Meadows i in. 2004, Nowacka 2001]. Ten rozrost infrastruktury urbanistycznej i ludzkiej w bardzo poważnym stopniu prowadzi do zmniejszenia powierzchni pod roślinne uprawy i chów zwierząt, nie wspominając o ochronie powierzchni dotąd niewykorzystanych-niezniszczonych. Niejednokrotnie, w obecnej rzeczywistości, zauważa się zjawisko lekkomyślnego tworzenia wielu tego typu zagrożeń dla ekosystemów, bez ponoszenia jakichkolwiek konsekwencji [Świątkiewicz 2013].

Retardacja w kontekście architektury krajobrazu winna być rozumiana jako opóźnianie, minimalizowanie lub kontrolowanie wpływu degradacji zasobów naturalnych, zaś podstawą tworzenia koncepcji projektowych powinny być działania zapobiegawcze takie jak zachowanie ekosystemów, ograniczenie zużycia zasobów i regeneracja środowiska. Architekt krajobrazu w swojej pracy powinien zwrócić uwagę na to, w jaki sposób jego projekty wpisują się w ideę nienaruszania naturalnego środowiska, ale też w jaki sposób zmiany projektowe mogą wywołać zarówno pozytywne jak i negatywne skutki uboczne dla człowieka.

Źródło / *Source*: netografia pozycja 1, 2, 3 / *netography position* 1,2,3

Ryc. 1. Symboliczna ilustracja ogólnoświatowych problemów demograficznych
Fig. 1. *A symbolic illustration of global demographic problems*

Źródło / *Source*: netografia pozycja 4, 5, 6 / *netography position* 4,5,6

Ryc. 2. Zanieczyszczanie środowiska towarzyszące celom pozyskiwania energii i produkcji tworzyw sztucznych
Fig. 2. *Pollution of the environment for production of energy and plastics*

Źródło / *Source*: l netografia pozycja 7, 8, 9 / *netography position* 7,8,9

Ryc. 3. Niebezpieczne odpady chemiczne porzucone w terenie powodujące wyniszczenie i zatrucie gruntów
Fig. 3. *Hazardous chemical waste abandoned in the field causing destruction and poisoning of ground*

Ważnym do przemyślenia dla architektów krajobrazu jest nie tylko dobór gatunków roślin, ale też z dostępnych na rynkach właściwych materiałów budowlanych dla budowy obiektów architektoniczno-budowlanych, małej architektury, a także materiałów dla rodzaju nawierzchni w projektowanych różnych przestrzeniach publicznych. Stosowanie materiałów budowlanych wysokiej jakości ma istotny wpływ na ograniczenie zanieczyszczenia środowiska i promowanie zrównoważonego rozwoju. Wybór odpowiednich materiałów, które są trwałe, mają niski ślad węglowy, są możliwe do ponownego użycia lub łatwego przetworzenia, najchętniej lokalne - jest kluczowym elementem w budownictwie ekologicznym. Stosowanie materiałów budowlanych wysokiej jakości jest kluczowe dla trwałości konstrukcji i ekonomicznej opłacalności w dłuższym okresie, ale jest także równie ważne dla ochrony środowiska. Dzięki temu możemy ograniczyć ilość odpadów, zmniejszyć zużycie zasobów, poprawić efektywność

energetyczną budynków i chronić zdrowie mieszkańców. Wybór wysokiej jakości materiałów budowlanych to krok w kierunku zrównoważonego rozwoju i odpowiedzialnego budownictwa, które pomaga przeciwdziałać skutkom globalnego ocieplenia oraz zachować planetę dla przyszłych pokoleń. Przy korzystaniu ze zdobyczy naukowych, architekt krajobrazu, organizując przestrzeń publiczną, ma zawsze do wyboru alternatywy dla rozwiązań projektowanych miejsc i układów kompozycyjnych; przy czym (zarówno w krajobrazie miejskim jak i wiejskim) może tylko wybierać rodzaj użycia mniej pasożytujący na przyrodzie (ryc. 4 i 5).

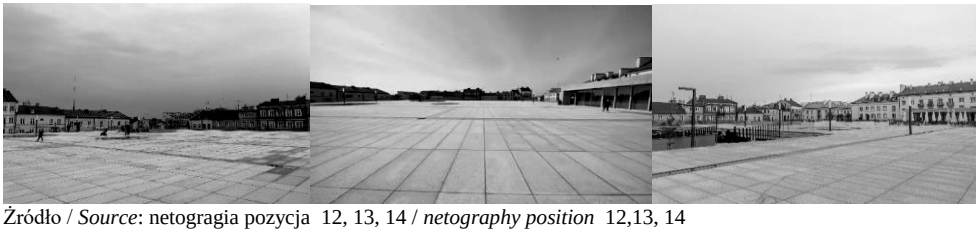
Źródło / Source:*netografia pozycja 10, 11 / netography position 10,11*

Ryc. 4. Wieś dawniej – wieś rolnicza
Fig. 4. *A village in the past – a farming village*

Ryc. 5. Wieś dziś – wieś zurbanizowana
Fig. 5. *A village today – an urbanized village*

Warto także pamiętać o sposobach organizowania krajobrazu miejskiego i wiejskiego w ubiegłym wieku, gdy dbałość o ekosystem dzięki mniejszej skali działań była w znacznym stopniu zauważalna w realizacjach, choć problem ocieplania klimatu nie był tak obecny i dostrzegany. Współczesny architekt krajobrazu wie, że ucieczka od projektowania i wprowadzania wielowymiarowo miejsc zielonych, to ekologiczna klęska dla życia, co oznacza także degradację środowiska w postaci lokalnego podwyższania temperatury powietrza, tworzenie perspektywy suszy i stepowienia oraz wynikające z tego konsekwencje dla przeżycia różnych gatunków roślin, zwierząt, a w końcowym etapie nawet ludzi.

Problem tworzenia cienia i zwalczanie „betonozy" (ryc. 6) zaczyna mieć rangę naszego "być albo nie być". Na dużą skalę jest obecnie jednym z kluczowych problemowych przedsięwzięć, które mogą pomóc złagodzić skutki globalnego ocieplenia i zapobiec katastrofom ekologicznym. Dzięki integracji zieleni, zaangażowaniu zaawansowanych technologii oraz przemyślanej architektury, możemy stworzyć bardziej zrównoważone i odporniejsze na zmiany klimatu przestrzenie miast, wsi a w efekcie końcowym także całej Ziemi.



Źródło / *Source*: netogragia pozycja 12, 13, 14 / *netography position* 12,13, 14

Ryc. 6. „Betonoza" – brukowanie dużych powierzchni terenu – nieprzyjaznych jeśli zbyt nagrzanych, nieprzesiąkliwych dla wody deszczowej, gromadzących lub spłukujących nadmiar wody w kierunku zabudowy
Fig. 6. *„Concretonosis" – paving large areas – unfriendly if too hot, impermeable to rainwater, accumulating or flushing excess water in direction of the buildings*

Jest to nie tylko kwestia komfortu, ale okazuje się także bardzo obecnie ważna kwestia przetrwania i jakości życia na naszej planecie.

Wybrane przykłady rozwiązań sprzyjających retardacji niekorzystnego oddziaływania przestrzeni zmienionych antropogenicznie

W ostatnich latach pojęcie "betonozy" jest na ustach wszystkich obywateli, także urbanistów, bo zwraca się uwagę na potrzebę tworzenia bardziej zielonych, zrównoważonych i przyjaznych dla mieszkańców miast. Ludzie coraz częściej domagają się większej ilości terenów zielonych, parków i naturalnych elementów przyrodniczych w przestrzeniach publicznych, jako odpowiedzi na wszechobecny beton. Globalne ocieplenie klimatu wpływa na podnoszenie temperatur w miastach, co potęguje efekt miejskiej wyspy ciepła, prowadząc do niebezpiecznych warunków dla życia ludzi, zwierząt i roślin. Działania mające na celu stworzenie cienia mogą pomóc złagodzić te skutki i są niezbędne dla przetrwania wielu gatunków oraz zachowania jakości życia na Ziemi.

W takim razie oprócz rozsądnej optymalizacji korzystania ze zdobyczy technologicznych i materiałowych, ważnym problemem dla dla architektów i architektów krajobrazu stał się więc już wcześniej wspomniany problem tworzenia cienia. Modna ostatnio w debacie publicznej „betonoza" [Kubicki 2011], jest na pewno bardzo niekorzystnym zjawiskiem.

Bardzo niekorzystnym działaniem w takich przestrzeniach jest projektowanie tylko powierzchni z niską roślinnością lub ustawianie donic z soliterowymi drzewami czy krzewami. Takie działania nie służą powstawaniu cienia, tak bardzo potrzebnego całej biocenozie miejskiej (roślinom, zwierzętom i człowiekowi) [Montgomery 2014]. W przeciwieństwie do zasadzania dużych drzew, które oprócz cienia dają też chłodną wilgoć i oczyszczają powietrze, wcześniej wspomniane projekty wbrew oczekiwaniom przyczyniają się do powstawania zabójczych „wysp ciepła" [Bulkeley i in. 2013].

Nie należy zapominać, że cień tworzą również obiekty budowlano-architektoniczne, a także te z zielonymi dachami, czy ścianami. Należałoby też przypomnieć sobie o zadaszeniach, czy ścianach wolnostojących różnego rodzaju, które znakomicie spełniają swoją rolę w małych przestrzeniach (ryc. 7, 8 i 9).

Projektowanie przyjaznej dla dobrostanu człowieka przestrzeni może być ułatwione przez podglądanie" rozwiązań w przyrodzie [Kostecka 2010, Kostecka i Pączka 2006].

Przykładami niwelowania efektu cieplarnianego w mniejszych przestrzeniach mogą być obiekty zacieniające przestrzeń takie jak: pergole, altany, zadaszenia, wiaty nad parkingami, zielone dachy, ogrody na dachach, drzewa, czy alejki drzewne, fasady roślinne (zielone ściany).

W dużych aglomeracjach miejskich mogą to być także: - zielone aleje drzew, szerokie kolumnady i arkady, rozciągane żagle przeciwsłoneczne (*Shade Sails*), pergole i altany nad przejściami dla pieszych, struktury membranowe i zadaszenia przestrzenne, modułowe wiaty nad przejściami i parkingami, zadaszone przejścia nad ulicami (*Skywalks*), mobilne struktury zacieniające, wielofunkcyjne mobilne budowle na placu (pawilony).

Innymi rozwiązaniami dla dużych aglomeracji miejskich, gdzie potrzebne jest zacienienie (szczególnie istotne ze względu na efekt komunikacji miejskiej), istnieje wiele zaawansowanych obiektów architektoniczno-budowlanych, które mogą skutecznie tworzyć cień na dużych powierzchniach. Wśród nich zastosowanie mogą mieć: - masowe zalesianie i tworzenie lasów miejskich, zielone dachy i ściany na budynkach, tworzenie parków i zielonych przestrzeni publicznych, wprowadzenie zacieniających infrastruktur miejskich, refleksyjne materiały i chłodne nawierzchnie [McHarg 1969, Simonds 2006].

IV. PODSUMOWANIE

Przełamywanie przeświadczenia, że jesteśmy władczo, bez konsekwencji swoich działań powołani do bezgranicznej eksploatacji Ziemi, nie jest łatwe przy świadomości wielu

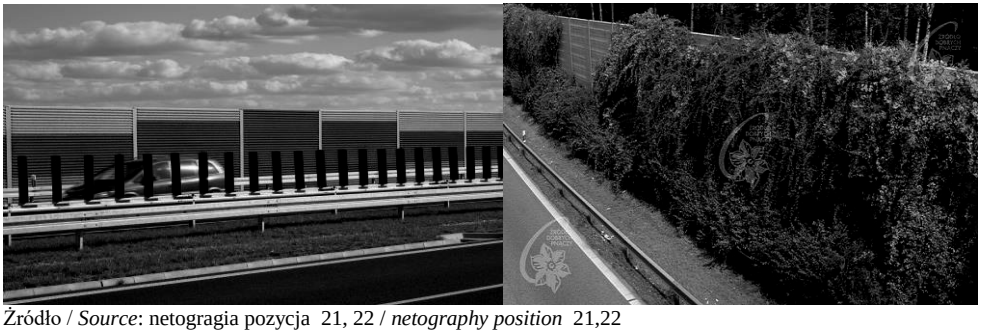
współczesnych ludzi, w środowiskach wyznających konsumpcjonizm. W obliczu katastrofy ekologicznej wywołanej rabunkową gospodarką zasobami, zaistniała konieczność pilnego uświadamiania nas wszystkich, ale zwłaszcza decydentów, o poważnym zagrożeniu życia na skutek egoizmu polityków i kapitalistów, a to z powodu podejmowania niewłaściwych - dla przetrwania ziemskiego życia - decyzji.

Źródło / *Source*: netogragia pozycja 15, 16,17 / *netography position* 15,16,17

Ryc. 7. Najnowsze trendy w proekologicznym projektowaniu miast
Fig. 7. *The latest trends in proecological design of the city*

Źródło / *Source*: netografia pozycja 18, 19,20 / *netography position* 18,19,20

Ryc. 8. Najnowsze trendy w projektowaniu wiejskich obiektów budowlanych
Fig. 8. *The latest trends in the design of rural buildings*



Źródło / *Source*: netogragia pozycja 21, 22 / *netography position* 21,22

Ryc. 9. Ekrany dźwiękochłonne niepokryte i pokryte roślinnością
Fig. 9. *Sound absorbing screens uncovered and covered with vegetation*

Architekt krajobrazu, na którym spoczywa obowiązek pro-środowiskowych, chroniących przyrodę planów konserwacji i odtwarzania krajobrazów, musi jak wiele innych grup zawodowych edukować społeczność poprzez właściwe kształtowanie przestrzeni. Jego działania

powinny wspierać etyczne, estetyczne i funkcjonalne projekty, bo ma - albo przynajmniej powinien mieć ,w tym zakresie potężną moc przekonywania i oddziaływania.

Jednym z obecnie ważnych zadań w zakresie kształtowania przestrzeni przyjaznej dla życia wszystkich organizmów, w tym człowieka, jest projektowanie przestrzeni zacienionych. Mogą one wspomagać obniżenie negatywnych dla zdrowia i życia skutków efektu cieplarnianego. Aby tworzyć w Polsce miejsca ocienione, można nie tylko naśladować rozwiązania przyrody, ale także adaptować cudze wzorce budowlane, czyli implementować w rodzinne krajobrazy architekturę sprawdzoną w analogicznych warunkach gdzie indziej.

Projektując przestrzeń w środowisku zurbanizowanym architekt krajobrazu powinien także pamiętać o wykorzystaniu takich materiałów budowlanych, które są adekwatne do miejsca (gleba, rzeźba terenu warunki klimatyczne, koloryt przyrodniczy, wytrzymałość na zmiany temperatur i wilgotność, zamarzanie itp.). Stosowanie materiałów budowlanych o sprawdzonej jakości ma istotny wpływ na ograniczenie zanieczyszczenia środowiska i promowanie zrównoważonego rozwoju. Wybór odpowiednich materiałów, które są trwałe, mają niski ślad węglowy, a dodatkowo są możliwe do wielokrotnego użycia lub łatwo przetwarzalne - jest kluczowym elementem do stosowania i projektowania w budownictwie ekologicznym.

BIBLIOGRAFIA

1. Bulkeley H., Broto V.C., Edwards G. 2013. Cities and Climate Change: Urban Sustainability and Global Environmental Governance. Routledge.
2. Kostecka J. 2007. Rozważania nad kształtowaniem postaw i działań wspierających funkcjonowanie zrównoważonego i trwałego rozwoju. w: Cywilizacja i kultura. Współczesne problemy. J. Zimny (red.). Instytut Teologiczny w Sandomierzu. 265-277.
3. Kostecka J. 2008. Zrównoważony i trwały rozwój- wybrane propozycje prośrodowiskowego zachowania na co dzień. w: Zrównoważony rozwój w ujęciu interdyscyplinarnym. J. Kostecka (red.). Uniwersytet Rzeszowski. Wydział Biologiczno-Rolniczy. Rzeszów. 9-22.
4. Kostecka J. 2009. Przestrzeń przyrodnicza jako wartość dla zrównoważonego rozwoju. Zesz. Nauk. Poł.-Wsch. Oddziału PTIE i PTG w Rzeszowie. 11. 135-140.
5. Kostecka J. 2010. Wybrane oblicza retardacji przekształcania zasobów przyrody. Homo Naturalis. Uniwersytet Wrocławski / Politechnika Wrocławska. 19-25.
6. Kostecka J., Pączka G. 2016. Jak bionika może zainspirować architekta krajobrazu? Polish Journal for Sustainable Development. 20. 119-130. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.13.
7. Kostecka J., Podolak A., Mazur-Pączka A. 2017. Postrzeganie wartości przestrzeni- skutki dla retardacji tempa zawłaszczania ekosystemów przez człowieka. Biuletyn KPZK PAN. Zesz. 267. 70-88.
8. Kubicki P. 2011. Miasto na celowniku: estetyka miejskich przestrzeni publicznych. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
9. Meadows D.H., Randers J., Meadows D.L. 2004. The Limits to Growth: The 30-Year Update. Chelsea Green Publishing.
10. McHarg I.L. 1969. Design with Nature. Doubleday/Natural History Press.
11. Montgomery Ch. 2014. Miasto szczęśliwe. Jak zmienić nasze życie, zmieniając nasze miasta. Wydawnictwo Wysoki Zamek.
12. Nowacka B. 2001. Polityka ekologiczna i zarządzanie środowiskiem. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko.
13. Poskrobko B., Kostecka J. 2016. Retardacja w świadomości społecznej. Polish Journal for Sustainable Development. 20. 145-159. DOI:10.15584/pjsd.2016.20.16.

14. Simonds J.O. 2006. Landscape Architecture: A Manual of Environmental Planning and Design. McGraw-Hill.
15. Świątkiewicz A. 2013. Ochrona środowiska i zrównoważony rozwój: Wyzwania i perspektywy. Wolters Kluwer.
16. Wojnicz M. 2006. Zrównoważony rozwój w planowaniu przestrzennym. PWN.

NETOGRAFIA

1. ryc.1. *istockphoto-1565242098-612x612*;
2. *istockphoto-1362975119-612x612*;
3. *1000_F_655362940_pRbKS06BYZZaINgiHAgcV42HeygLDVe7*;
4. ryc.2. *rafineria-ropy-naftowej-o-zmierzchu-400-131224073*;
5. *istockphoto-1337173750-612x612*;
6. *istockphoto-648175830-612x612*;
7. ryc.3. *z25378210AMP*;
8. *https://pl.freepik.com/darmowe-zdjecie-wektory/odpady-niebezpieczne/5#uuid=83c0adec-3502-4b27-ad5c-8aa9b03dd6b8ocena-usuwania-odpadow niebezpiecznych_1169649-92733*;
9. *https://pl.freepik.com/darmowe-zdjecie-wektory/odpady-niebezpieczne/3prowadzenie-badan-pojecie-ekologii-zanieczyszczenia-srodowiska_1157-485254*;
10. ryc.4. *http://kociewiacy.pl/gminy/smetowo/galeria/albums/userpics/10001/smarzewo.jpg*;
11. ryc.5. *https://chosse.wordpress.com/tag/rotmanka/ ocena-usuwania-odpadow-niebezpiecznych_1169649-92733*
12. ryc.6. *zdjęcie prywatne Filip Górski; R równość.eu-13 paź2022; https:rownosc.eu/nie-tylko-betonoza-miasta- dobie*
13. *64a3dc7711d2c;*
14. *shutterstock_2169906975-min-scaledx;*
15. ryc. 7. *FB_IMG_1567090;*
16. *FB_IMG_1628234724103;*
17. *175296FB_IMG_148147889801;* x
18. ryc.8. *FB_IMG_1474094494805zdjęcie z Internetu;*
19. *1282164456.a;*
20. *FB_IMG_145465283597;*
21. ryc.9. *https://pozbruk.pl/produkt/ekrany-akustyczne/ ekrany_L113084*;
22. *https://www.clematis.com.pl/informacje-o-roslinach/ogrodowe-inspiracje/zastosowania-pnaczy/497-pnacza-na-ekrany-dzwiekochlonne/csm_pnacza_na_ekrany_fot1_6002d9f79c*.

EDUCATION OF LANDSCAPE ARCHITECT FOR RETARDATION OF TRANSFORMATION OF NATURAL RESOURCES – THE IMPORTANCE OF ARCHITECTURAL SPACE SHADING OBJECTS

Summary

The existence of an increasingly large human population in the broadly understood environment of the 21st century leads to an imbalance in nature. The pursuit of solutions to this problem requires urgent education and activities in which the landscape architect takes a large role. The education of a modern human should aim at the possibility of choosing such solutions and activities that will have the least negative impact on the surrounding environment. Such activities require reflections towards retardation of unfavourable transformations of all natural resources. This publication describes examples of space shading architectural objects designing .

Keywords: retardation, natural resources, education, landscape architect, shading

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 37-44. rok 2024

JAN BUCZEK

Zakład Produkcji Roślinnej, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski,
email: *jbuczek@ur.edu.pl*

ROLNICZA PRZESTRZEŃ PRODUKCYJNA I BILANS GLEBOWEJ MATERII ORGANICZNEJ W WOJEWÓDZTWIE PODKARPACKIM

W artykule przedstawiono ocenę potencjału środowiskowego rolniczej przestrzeni produkcyjnej oraz regionalnego zróżnicowania bilansu glebowej materii organicznej w latach 2019-2020, na tle warunków siedliskowych w województwie podkarpackim. Podkarpacie jest regionem o zmiennym potencjale warunków środowiskowych co wpływa na przestrzenne zróżnicowanie poziomu rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich. Największą zmiennością elementów środowiskowych charakteryzujących rolniczą przestrzeń produkcyjną odznaczała się rzeźba terenu. Mniejszą zmienność wykazywała jakość i przydatność rolnicza gleb i agroklimat, a najmniejszą warunki wodne. Bilans glebowej materii organicznej w województwie podkarpackim wykazał, że w 14 powiatach następowała degradacja glebowej materii organicznej w zakresie od -0,01 do -0,38 t·ha^{-1} natomiast w pozostałych 7 powiatach stopień reprodukcji materii organicznej wynosił od 0,05 do 1,09 t·ha^{-1}. Intensyfikacja produkcji roślinnej sprzyjała mineralizacji glebowej substancji organicznej i występowaniu zdecydowanie ujemnego jej bilansu w 4 powiatach zlokalizowanych w środkowo-wschodniej części województwa podkarpackiego, gdzie w celu jego zrównoważenia niezbędne byłoby coroczne przyorywanie słomy w ilości od 1,29 do 1,81t·ha^{-1}.

Obecnie szerzej postrzega się rolniczą przestrzeń produkcyjną, która oprócz funkcji produkcyjnych pełni również funkcje krajobrazowe i ochronne, jako istotne dla rozwoju obszarów wiejskich. Dlatego też należy tak gospodarować rolniczą przestrzeń produkcyjną aby spowolnić degradację jej czynników środowiskowych.

Słowa kluczowe: rolnicza przestrzeń produkcyjna, bilans glebowej materii organicznej, regionalne zróżnicowanie, województwo podkarpackie, retardacja

I. WSTĘP

Problemy zróżnicowania regionalnego rolnictwa i obszarów wiejskich są uważane obecnie za bardzo istotne w aspekcie polityki regionalnej w Unii Europejskiej. Zjawisko zróżnicowania regionalnego rolnictwa danego obszaru jest widoczne w wymiarze ekonomicznym, społecznym czy przestrzennym, a także produkcyjnym, czego odzwierciedleniem jest zagospodarowanie ziemi i przestrzenne zróżnicowanie dotyczące głównych roślin uprawnych w postaci struktury zasiewów [Czudec 2007, Krasowicz 2019].

Rolnicza przestrzeń produkcyjna jest złożonym systemem, na który wpływają wymiary społeczne, ekonomiczne, kulturowe, instytucjonalne i inne, a także zachodzące interakcje krajowe i lokalne tych wymiarów [Pan i in. 2022].

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.3

Poruszając problematykę rolniczej przestrzeni produkcyjnej (skrót RPP), czyli terenów rolnych bezpośrednio związanych z produkcją rolniczą, należy pamiętać o jej dualistycznym znaczeniu. Z jednej strony może to być przestrzeń w sensie środowiskowym, obejmującą elementy gleby, klimatu, rzeźby terenu i stosunki wodne. Wymienione komponenty środowiskowe zostały ocenione i podane punktach w postaci syntetycznego wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (wwrpp) dla województw, powiatów i gmin [Kuś i Madej 2002, Krasowicz i Igras 2003]. Można rolniczą przestrzeń produkcyjną też rozumieć w sensie wytwórczym (materialnym), związaną ze środkami produkcji oraz infrastrukturą terenów rolnych [Kukuła i Krasowicz 2006]. Każda z grup regionów czy województw posiada określoną specyfikę i realizuje inną strategię rozwoju rolnictwa, wyrażającą się relacjami intensywności organizacji i intensywności produkcji [Rakowska 2013].

Materia organiczna jest podstawowym wskaźnikiem jakości gleb decydującym o ich właściwościach fizykochemicznych, takich jak zdolności sorpcyjne i buforowe oraz procesach biologicznych, warunkujących wiele przemian, określanych mianem aktywności biologicznej [Brock i in. 2017, Siebielec 2017].

Szacuje się, że do 2030 r. średnio w glebach w Polsce ulegnie degradacji ponad 0,8% materii organicznej. Ubytek ten jest związany z intensyfikacją rolnictwa, dużym udziałem w strukturze zasiewów roślin zbożowych w tym kukurydzy, przy znikomym areale roślin wieloletnich i niewielkiej obsadzie zwierząt. Ponadto niska zawartość materii organicznej w glebach Polski wynika również z uwarunkowań klimatyczno-glebowych, które nie sprzyjają jej akumulacji [Kopiński i Matyka 2014, Pikuła 2015].

Bilans salda materii organicznej w glebie pomimo, że ma charakter wyłącznie informacyjny, to wyliczony dla województwa i regionu czy gospodarstw rolnych, jest jednym z podstawowych narzędzi służących rozpoznaniu potencjalnych zagrożeń dla środowiska ze strony praktyki rolniczej [Kuś i Kopiński 2012].

Celem pracy była ocena potencjału środowiskowego rolniczej przestrzeni produkcyjnej obejmująca elementy gleby, klimatu, rzeźby terenu i stosunków wodnych oraz regionalnego zróżnicowania bilansu glebowej materii organicznej na tle warunków siedliskowych województwa podkarpackiego. Zagadnienie ma istotne znaczenie z punktu widzenia retardacji niekorzystnych przemian cennych elementów rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

II. METODYKA I ZAKRES BADAŃ

W artykule w części dotyczącej charakterystyki rolniczej przestrzeni produkcyjnej zastosowano metodę monograficzną opartą na analizie dostępnej literatury i dokumentów związanych z analizowaną problematyką. Waloryzacja jako metoda analizy jest koniecznym zabiegiem, w związku z tym, że pozwala określić najlepsze przeznaczenie danego regionu czy terenu w oparciu o wybraną hierarchię czynników i wskaźniki, które służą tej analizie [Dudzińska 2011].

Podstawę analizy bilansu materii organicznej gleby na przestrzeni lat 2019-2020 stanowiły uśrednione publiczne dane uzyskane dla 21 powiatów Podkarpacia [Urząd Statystyczny w Rzeszowie 2019, 2020]. Pominięto cztery powiaty grodzkie (Rzeszów, Krosno, Tarnobrzeg, Przemyśl) ze względu na ich typowy charakter miejski. Szacunkowy bilans materii organicznej gleby obliczono wykorzystując współczynniki jej degradacji i reprodukcji wg. Eicha i Kundlera [Fotyma i Mercik 1995]. Ponadto jako zmienne zróżnicowania regionalnego bilansu glebowej materii organicznej w badanych powiatach przyjęto strukturę użytkowania ziemi i strukturę zasiewów oraz warunki siedliskowe wyrażone wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. W oparciu o dane obsady zwierząt na 1 ha UR wyliczono produkcję obornika pochodzącego od dużej jednostki przeliczeniowej (DJP). Założono przyorywanie odpowiedniej ilości słomy w celu zrównoważenia ujemnego bilansu glebowej materii organicznej.

Wykorzystując analizę skupień Warda, metodą k-średnich wyodrębniono grupy powiatów zróżnicowanych ze względu na bilans materii organicznej gleby i intensywność wykorzystania potencjału produkcyjnego rolnictwa. Do obliczeń statystycznych wyników zastosowano program Statistica 13.3.

III. WYNIKI

Środowiskowy potencjał rolniczej przestrzeni produkcyjnej

Biorąc pod uwagę uwarunkowania środowiskowe, województwo podkarpackie posiada korzystne warunki przyrodnicze dla produkcji rolniczej. Uśredniony wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (wwrpp) wynosi 70,4 punktów, co daje województwu podkarpackiemu 5 miejsce wśród województw o wysokiej jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej (tab. 1). Bardzo korzystne warunki środowiska dla potrzeb produkcji rolnej posiada województwo opolskie (81,4 pkt.), a korzystne dolnośląskie (74,9 pkt.), lubelskie (74,1 pkt.) czy kujawsko-pomorskie (71,0 pkt.). Natomiast do województw o najniższej jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej należą województwa mazowieckie (59,9 pkt.) i podlaskie (55,0 pkt.) [Witek 1981, Witek i in. 1994]. Sumaryczny wskaźnik waloryzacji jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej dla Polski wynosi 66,6 punktów, a więc warunki środowiska dla produkcji rolniczej w kraju można określić jako średnio korzystne [Falkowski i Kostrowicki 2005].

Tabela 1 – *Table 1*

Rolnicza przestrzeń produkcyjna według województw / *Agricultural production space by voivodeship*

Województwa *Voivodeships*	Wskaźnik waloryzacji *Valorisation index* (pkt.)	Warunki środowiska dla produkcji rolniczej *Environmental conditions for agricultural production*
opolskie	80,1-90,0	bardzo korzystne *very beneficial*
dolnośląskie, lubelskie, kujawsko-pomorskie podkarpackie	70,1-80,0	korzystne *beneficial*
małopolskie, świętokrzyskie, zachodnio-pomorskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie	65,1-70,0	średnio korzystne *medium beneficial*
wielkopolskie, śląskie, lubuskie, łódzkie	60,1-65,0	
mazowieckie, podlaskie	<60,0	mało korzystne *not very beneficial*

Źródło: Opracowanie własne / *Source: Own elaboration*

Województwo podkarpackie posiada trzy zasadnicze pasma produkcyjne rolnictwa o zróżnicowanej rolniczej przestrzeni produkcyjnej, o czym decyduje główne przydatność rolnicza gleb. Zmienność jakości gleb w części północnej powoduje zróżnicowanie wskaźnika waloryzacji od 55,3 pkt. w powiecie kolbuszowskim do 67,8 pkt. w powiecie mieleckim (tab. 2).

W części środkowo-wschodniej województwa, głównie obszar powiatów jarosławskiego (83,6 pkt.), przeworskiego (82,6 pkt.), przemyskiego (82,5 pkt.) i łańcuckiego (81,1 pkt) posiada bardzo korzystne wskaźniki waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Natomiast na południu województwa występujące tu powiaty leski (55,4 pkt.) i bieszczadzki (53,4 pkt.) mają jedne z najniższych wskaźników waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej w województwie.

Analiza rolniczej przestrzeni produkcyjnej województwa podkarpackiego według gmin, jako podstawowych jednostek samorządu terytorialnego, wykazała szeroki zakres zmienności

wskaźnika waloryzacji od 41,0 do104,0 pkt. (tab. 3). Na obszarze województwa wskaźnik wwrpp powyżej 90 pkt., a więc o wyjątkowo korzystnych warunkach przyrodniczych posiada 14 gmin, przy czym najwyższy wskaźnik wwrpp odnotowano w gminach Gać (104,1 pkt.), Chłopice (103,1 pkt.) i Pawłosiów (102,5 pkt.). Spośród 159 wszystkich gmin w województwie, w 29 gminach syntetyczny wwrpp nie osiąga 60 pkt. W gminach Lutowiska (41,0 pkt.), Krempna (44,6 pkt.), Cisna (45,8 pkt.) i Harasiuki (46,0 pkt) wwrpp jest najniższy [Stuczyński i in. 2000].

Tabela 2 – *Table 2*

Rolnicza przestrzeń produkcyjna powiatów województwa podkarpackiego / *Agricultural production space of the districts of the Podkarpackie Voivodeship*

Powiaty *Districts*	Wskaźnik waloryzacji *Valorisation index* (pkt.)	Warunki środowiska dla produkcji rolniczej *Environmental conditions for agricultural production*
jarosławski, przeworski, przemyski, łańcucki	80,1-90,0	bardzo korzystne *very beneficial*
rzeszowski, strzyżowski, brzozowski, dębicki, ropczycko- sędziszowski, jasielski	70,1-80,0	korzystne *beneficial*
lubaczowski, mielecki, stalowowolski, leżajski, krośnieński, sanocki, tarnobrzeski	60,1-70,0	średnio korzystne *medium beneficial*
niżański, leski, kolbuszowski, bieszczadzki	<60,0	mało korzystne *not very beneficial*

Źródło: Opracowanie własne / *Source: Own elaboration*

Największą zmiennością elementów środowiskowych charakteryzujących rolniczą przestrzeń produkcyjną gmin odznaczała się rzeźba terenu. Mniejszą zmienność wykazywała jakość i przydatność rolnicza gleb i agroklimat, a najmniejszą warunki wodne. Według Dudzińskiej [2011] dokonanie hierarchii czynników wpływających na przestrzeń produkcyjną rolnictwa wskazuję, że największe oddziaływanie ma jakość gleb. Dużą wagę odgrywają również pozostałe czynniki środowiskowe. Wpływ czynników antropogenicznych jest znacznie mniej istotny, chociaż nie powinno się przy waloryzacji pominąć takich czynników jak struktury użytków gruntowych i uwarunkowań historycznych czy stanu władania.

Tabela 3 – *Table 3*

Rolnicza przestrzeń produkcyjna gmin województwa podkarpackiego / *Agricultural production space of the counties of the Podkarpackie Voivodeship*

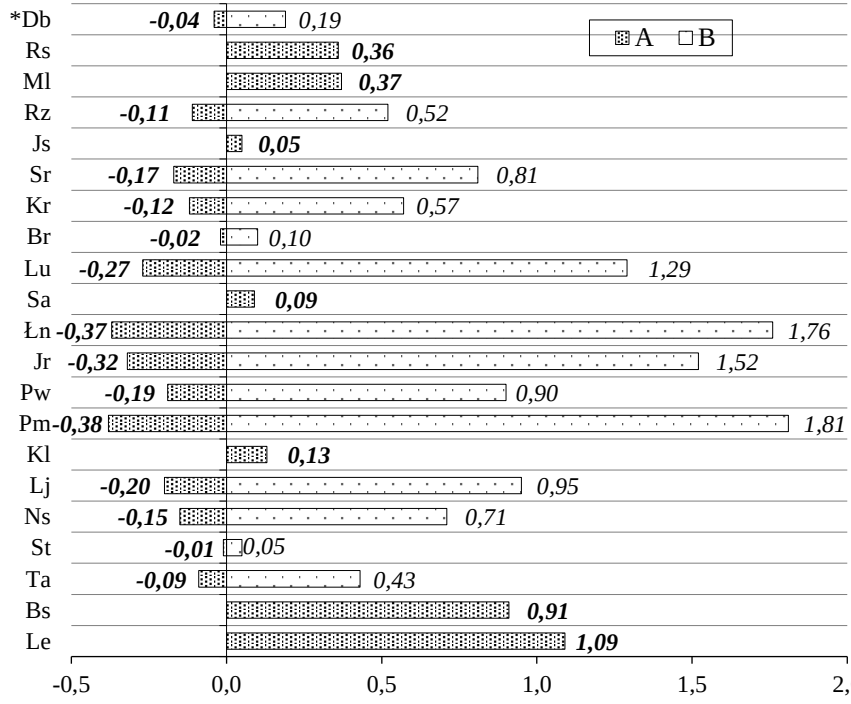
Wskaźnik waloryzacji *Valorisation index*	Średnia *Mean*	Zakres *Range*	Współczynnik zmienności *Coefficient of variation* (%)
gleby / soil	52,7	27,0-84,1	22,8
agroklimatu / agricultural climate	10,7	3,8-10,6	21,8
rzeźby terenu / land morphology	3,0	0,63-3,0	41,2
warunków wodnych / *water conditions*	4,0	2,1-4,1	18,7
ogólny / *total*	70,4	41,0-104,0	18,3

Źródło: Opracowanie własne / *Source: Own elaboration*

Bilans glebowej materii organicznej

Bilans materii organicznej może być dodatni, zrównoważony lub ujemny i zależy nie tylko od doboru gatunków uprawianych roślin i ich udziału w strukturze zasiewów lecz również od ilości stosowanych nawozów organicznych, w tym nawozów naturalnych [Kuś i Kopiński 2012].

Bilans glebowej materii organicznej w województwie podkarpackim można określić jako niezrównoważony, ponieważ spośród 21 powiatów, aż w 14 powiatach bilans był ujemy (rys. 1). Oznacza to, że rocznie z 1 ha następowała degradacja glebowej materii organicznej w zakresie od -0,01 do -0,38 t·ha^{-1}. W pozostałych 7 powiatach bilans był dodatni, a więc stopień reprodukcji materii organicznej wynosił od 0,05 do 1,09 t·ha^{-1}. Aby zrównoważyć ujemne saldo bilansu zwłaszcza, w powiatach lubaczowskim, łańcuckim, jarosławskim, leżajskim, przeworskim i przemyskim należałoby przyorać słomę w ilości od 0,90 do 1,81t·ha^{-1}.



Nazwy powiatów / *Names of districts*: **Db-dębicki, Rs-ropczycko-sędziszowski, Ml-mielecki, Rz-rzeszowski, Js-jasielski, Sr-strzyżowski, Kr-krośnieński, Br-brzozowski, Lu-lubaczowski, Sa-sanocki, Łn-łańcucki, Jr-jarosławski, Pw-przeworski, Pm-przemyski, Kl-kolbuszowski, Lj-leżajski, Ns-niski, St-stalowowolski, Ta-tarnobrzeski, Bs-bieszczadzki, Le-leski*

Rys. 1. Szacunkowy bilans materii organicznej gleby (MOG) w powiatach województwa podkarpackiego (średnio z lat). A - Saldo bilansu MOG (t·ha^{-1}), B - Słoma do przyorania (t·ha^{-1})
Fig. 1. *Estimated balance of soil organic matter (SOM) in districts of the Podkarpackie Voivodeship (average of years). A - balance of SOM (t·ha^{-1}), B - straw to be ploughed (t·ha^{-1})*

Analizując skupienia otrzymane pod względem wartości średnich w skupieniach i porównując te wartości ze średnimi dla wszystkich powiatów należy stwierdzić, że najkorzystniejsza była sytuacja w skupieniu I (powiaty: ropczycko-sędziszowski, mielecki, kolbuszowski) i V (powiaty: leski, bieszczadzki) (tab. 4). Zwłaszcza w powiatach skupienia I pomimo wysokiego udziału zbóż w strukturze zasiewów, wyższa obsada zwierząt sprzyjała produkcji obornika w ilości 0,50 t s.m.·ha^{-1}. Zdecydowanie dodatnie saldo MOG stwierdzono w podgórskich powiatach bieszczadzkim i leskim charakteryzujących się wysoką obsadą

zwierząt i produkcją obornika przeznaczonego pod okopowe, a także uprawą roślin wieloletnich pastewnych, dużym udziałem trwałych użytków zielonych w strukturze użytków, przy niskiej powierzchni zasiewów. Akumulacji materii organicznej w glebie sprzyjają głównie uprawa roślin wieloletnich, międzyplonów przyorywanych jako nawozy zielone, bezorkowa technologia uprawy gleby i regularne stosowanie obornika [Kopiński i Kuś 2011, Pikuła 2015].

Ujemne lecz zróżnicowane (od -0,01 do -0,20 t·ha^{-1}) saldo glebowej materii organicznej (z wyjątkiem powiatu jasielskiego i sanockiego o dodatnim bilansie MOG), występowało w powiatach skupienia II i IV obejmujących 10 powiatów. Produkcja obornika mieściła się w zakresie od 1,57 do 1,63 t s.m.·ha^{-1} przeznaczonego pod okopowe, które zajmowały 11,8 i 13,0% w strukturze zasiewów. Udział trwałych użytków zielonych wpływał na niski stopień mineralizacji materii organicznej. Powiaty lubaczowski, łańcucki, jarosławski i przemyski położone w środkowo-wschodniej części województwa podkarpackiego, a należące do skupienia III posiadały zdecydowanie ujemne saldo bilansu MOG. Gospodarstwa rolne tych powiatów odznaczały się specjalizacją w produkcji roślinnej w zakresie głównie uprawy pszenicy ozimej, kukurydzy na ziarno lub kiszonkę i rzepaku ozimego. Uprawie tych gatunków sprzyjały wysokie wartości wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Natomiast niska obsada zwierząt powodowała, że produkcja obornika była najniższa. Ujemny bilans MOG w tych powiatach równoważyło przyorywanie słomy w ilości od 1,29 do 1,81t·ha^{-1}. Uprawa roślin okopowych i zbóż, szczególnie w monokulturze, w warunkach braku nawożenia naturalnego i organicznego prowadzi do spadku zawartości materii organicznej w glebie [Pałosz 2009, Pikuła 2013].

Tabela 4 – *Table 4*

Średnie wartości zmiennych w wydzielonych skupieniach powiatów województwa podkarpackiego
Average values of variables in particular clusters of districts of the Podkarpackie Voivodeship

Zmienne / *Variables*	Skupienia / liczba powiatów *Clusters / number of districts*				
	I/3	II/7	III/4	IV/5	V/2
Wskaźnik waloryzacji *Valorisation index*, pkt.	58,1	70,5	82,0	61,5	54,2
Obsada zwierząt *Livestock density*, DJP·ha^{-1} UR	0,50	0,28	0,24	0,26	0,35
Dawka obornika / *Manure dose*, t s.m.·ha^{-1}	2,40	1,63	0,97	1,57	3,15
Trwałe użytki zielone *Permanent grasslands*, %	21,0	39,0	21,4	35,4	74,0
Zboża / *Cereals*, %	80,1	58,1	77,2	74,1	49,1
Okopowe / *Tuber crops*, %	12,5	13,0	10,9	11,8	17,4
Strączkowe / *Legumes*, %	0,3	0,2	0,1	1,6	0,4
Przemysłowe oleiste / *Oil crops*, %	1,2	5,5	13,0	4,8	2,9
Wieloletnie pastewne *Perennial fodder crops*, %	0,5	1,4	0,3	0,5	2,4

IV. PODSUMOWANIE

Znaczne zróżnicowanie warunków przyrodniczo-glebowych określone wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej sprawia, że produkcja rolnicza w województwie podkarpackim prowadzona jest zarówno na bardzo dobrych, jak i słabych glebach, w korzystnych i skrajnie niekorzystnych warunkach klimatycznych, na terenach nizinnych, podgórskich, a także górskich, na których użytkowanie gruntów rolniczych jest szczególnie uciążliwe. Obliczony szacunkowy bilans glebowej materii organicznej

w województwie podkarpackim wykazał, że w 14 powiatach następowała degradacja glebowej materii organicznej w zakresie od -0,01 do -0,38 $t \cdot ha^{-1}$, natomiast w pozostałych 7 powiatach stopień reprodukcji materii organicznej wynosił od 0,05 do 1,09 $t \cdot ha^{-1}$. Zaprezentowane dane mają duże znaczenie dla podejmowania właściwych decyzji (zarówno przez poszczególnych rolników jak i władze terytorialne oraz decydentów) w kierunku działań skutkujących retardacją niekorzystnych przemian cennych elementów rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

BIBLIOGRAFIA

1. Brock C., Oberholzer H.R., Franko U. 2017. Soil organic matter balance as a practical tool for environmental impact assessment and management support in arable farming. European Journal of Soil Science. 68, 951-952.
2. Czudec A. 2007. Ekspertyza dotycząca województwa podkarpackiego. Ekspertyzy do Strategii Rozwoju Społeczno-Gospodarczego Polski Wschodniej do roku 2020. Tom II. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego.
3. Dudzińska M. 2011. Czynniki oceniające rolniczą przestrzeń produkcyjną. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 1. 173-185.
4. Falkowski J., Kostrowicki J. 2005. Geografia rolnictwa świata, Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
5. Fotyma M., Mercik S. 1995. Chemia rolna. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
6. Kopiński J., Kuś J. 2011. Wpływ zmian organizacyjnych w rolnictwie na gospodarkę glebową ma-terią organiczną. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2. 9-29.
7. Kopiński J., Matyka M. 2014. Stan obecny i przewidywane zmiany produkcji rolniczej w Polsce w perspektywie roku 2030. Studia i Raporty IUNG-PIB. Zeszyt 40 (14). 45-58.
8. Krasowicz S. 2019. Regionalne zróżnicowanie uwarunkowań konkurencyjności polskiego rolnictwa. Studia i Raporty IUNG-PIB. Zeszyt 59 (13). 93-108.
9. Krasowicz S., Igras J. 2003. Regionalne zróżnicowanie wykorzystania potencjału rolnictwa w Polsce. Pamiętnik Puławski. 132. 233-251.
10. Kukuła S., Krasowicz S. 2006. Regionalne zróżnicowanie polskiego rolnictwa w świetle badań IUNG-PIB. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy. Puławy.
11. Kuś J., Kopiński J. 2012. Gospodarowanie glebową materią organiczną we współczesnym rolnictwie. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego. Nr 2. 5-26.
12. Kuś J., Madej A. 2002. Regionalne zróżnicowanie produkcji rolnej w województwie podlaskim. Pamiętnik Puławski. Nr 130/II. 425-434.
13. Łabętowicz J., Kadecki A., Wasilewski Z. 2003. Waloryzacja obszarów wiejskich na potrzeby inwestycji środowiskowych. Rozprawy naukowe i monografie. Nr. 10 Wydawnictwo IMUZ Falenty.
14. Pałosz T. 2009. Rolnicze i środowiskowe znaczenie próchnicy glebowej i metodyka jej bilansu. Rocznik Ochrony Środowiska. Tom 11. 328-338.
15. Pan Y., Lin Y., Yang R. 2022. Agricultural production space suitability in China: spatial pattern, influencing factors and optimization strategies. International Journal of Environmental Research and Public Health. 19 (21), 13812.
16. Pikuła D. 2013. Aktualne trendy w gospodarowaniu glebową materią organiczną. Studia i Raporty IUNG-PIB. Zeszyt 34 (8). 91-106.
17. Pikuła D. 2015. Aspekty środowiskowe gospodarowania materią organiczną w rolnictwie. Studia Ekonomiczne i Regionalne. Vol. 8 (2). 98-112.

18. Rakowska J. 2013. Klasyfikacje obszarów - kryteria, definicje, metody delimitacji. Studium metodyczno-statystyczne. Wydawnictwo Wieś Jutra. Warszawa.
19. Siebielec G. 2017. Stały monitoring gleb użytków rolnych Polski. Studia i Raporty IUNG-PIB. Zeszyt 51 (5). 57-72.
20. Stuczyński T., Budzyńska K., Gawrysiak I., Zalewski A. 2000. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski. Biuletyn Informacyjny IUNG. Nr 12. 4-17.
21. Urząd Statystyczny w Rzeszowie. Rocznik Statystyczny Województwa Podkarpackiego w 2020 roku. 1-96.
22. Urząd Statystyczny w Rzeszowie. Rolnictwo w województwie podkarpackim w 2019 roku. 1-90.
23. Urząd Statystyczny w Rzeszowie. Województwo Podkarpackie. Podregiony, powiaty, gminy 2019. 1-334.
24. Witek T. 1981. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Puławy.
25. Witek T., Górski T., Kern H., Żukowski B., Budzyńska K., Filipiak K., Fiut M., Strzelec J. 1994. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. Suplement. IUNG Puławy. A (57). 1-248.

AGRICULTURAL PRODUCTION AREA AND SOIL ORGANIC MATTER BALANCE IN THE PODKARPACKIE VOIVODESHIP

Summary

The article presents an assessment of the environmental potential of agricultural production area and regional differentiation of soil organic matter balance (2019-2020) against the background of habitat conditions in the Podkarpackie Voivodeship. Podkarpackie is a region with variable potential of environmental conditions, which affects the spatial differentiation of the level of development of agriculture and rural areas.

The greatest variability of environmental elements characterizing agricultural production area was noted in the terrain. Lower variability was demonstrated by the quality and agricultural suitability of soils, agroclimate, and the lowest by water conditions. The soil organic matter balance in the Podkarpackie Voivodeship showed that in 14 districts, soil organic matter degradation occurred in the range from -0.01 to -0.38 $t \cdot ha^{-1}$, while in the remaining 7 districts, the degree of organic matter reproduction ranged from 0.05 to 1.09 $t \cdot ha^{-1}$. The intensification of crop production favoured the mineralisation of soil organic matter and the occurrence of a definitely negative balance in 4 districts located in the central-eastern part of the Podkarpackie Voivodeship, where in order to balance it, annual ploughing of straw in the amount of 1.29 to 1.81 $t \cdot ha^{-1}$ would be necessary.

Currently, agricultural production area is perceived more broadly, which, in addition to production functions, also performs landscape and protective functions, as important for the development of rural areas. Therefore, agricultural production area should be managed in such a way as to slow down the degradation of its environmental factors.

Key words: agricultural production area, balance soil organic matter, regional differentiation, Podkarpackie Voivodeship, retardation

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 45-59. rok 2024

[1]JÓZEF CHOJNICKI, [2]JOANNA KOSTECKA

[1]Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, SGGW, Katedra Gleboznawstwa, 02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159/37, e-mail: *jozefchojnicki@sggw.edu.pl*
[2]Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Zakład Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami, e-mail: *jkostecka@ur.edu.pl*

ROZPOZNANIE I PRZECIWDZIAŁANIE ZAGROŻENIOM FUNKCJI GLEB – WYBRANE ASPEKTY PODSTAWOWEJ WIEDZY DLA DECYDENTÓW

Dobrej jakości, żyzne gleby są podstawowym elementem środowiska przyrodniczego, w glebie zaczyna się i kończy proces krążenia materii i przepływu energii. Jest ona miejscem gdzie złożone elementy przyrody ożywionej (bioróżnorodność) i nieożywionej spełniają liczne świadczenia ekosystemowe dla wieloelementowej i wielopoziomowej biosfery - w tym człowieka. Zdrowa gleba to zdrowy pokarm i zdrowy człowiek. Gleby, będąc także środkiem infrastruktury dla produkcji rolnej, mają ogromne znaczenie społeczno-gospodarcze. Celem opracowania było pokazanie wybranych charakterystyk gleby i jej roli a także określenie podstawowych działań koniecznych do podjęcia w celu spowolnienia zagrożeń dla jej złożonych funkcji.

Słowa kluczowe: gleba, edukacja, degradacja, retardacja tempa przekształcania zasobów

I. WSTĘP

W ostatnich latach obserwujemy wzrost świadomości na temat konsekwencji przemysłowej działalności rolniczej, co wynika z edukacji oraz programów wspierających zrównoważone praktyki. Według Oszmańskiej [2005] większość rolników jest świadoma, że intensywne rolnictwo może prowadzić do degradacji gleby, zanieczyszczenia wód i utraty bioróżnorodności. Podobnie twierdzili Kostecka i Mroczek [2007] po ankietowym badaniu właścicieli gospodarstw rolnych, które wskazało, że zdają sobie oni sprawę z wpływu, jaki wywiera ich działalność na środowisko przyrodnicze.

Jednak sytuacja nadal wymaga uwagi i działań ze strony nauki, decydentów, stowarzyszeń prośrodowiskowych oraz szeroko pojętych edukatorów formalnych i nieformalnych. Między innymi aktualne badania Łuczak i współautorów [2024] prowadzone na terenie powiatu raciborskiego wykazują, że ankietowani rolnicy, choć są chętni do samokształcenia i podnoszą swoją wiedzę m.in. w zakresie ochrony środowiska, lecz nie mają pełnej świadomości zagrożeń obecnych w lokalnym środowisku przyrodniczym. Sytuacja przyrodniczo- społeczno-gospodarcza decyduje, że w ostatnich latach zwiększyli ilość stosowanych pestycydów (stosowanie ochrony fungicydowej oraz herbicydowej ze względu na uodpornienie się czynników chorobotwórczych i chwastów na substancje czynne stosowanych w rolnictwie środków). Badani rolnicy nie widzą obecnie także możliwości zastąpienia nawozów

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.4

mineralnych nawozami organicznymi (m in. ze względu na spadek pogłowia zwierząt gospodarskich a tym samym ograniczoną produkcję obornika).

Dobrej jakości, żyzne gleby są tymczasem podstawowym środkiem produkcji rolnej. W glebie zaczyna się i kończy proces krążenia materii i przepływu energii. Jest ona miejscem gdzie złożone elementy przyrody ożywionej (bioróżnorodność) i nieożywionej podejmują liczne świadczenia ekosystemowe dla wielopoziomowej biosfery- w tym człowieka. Zdrowa gleba to zdrowy pokarm o potencjalnie wysokiej jakości i zdrowy człowiek. Według *Natural Resources Conservation Service U.S. Department of Agriculture* [website 1], zdrowie gleby jest definiowane jako jej ciągła zdolność do funkcjonowania jako żywy ekosystem, który podtrzymuje rośliny, zwierzęta i ludzi. Zdrowa gleba zapewnia czyste powietrze i wodę, obfite uprawy i lasy, produktywne pastwiska, różnorodną przyrodę i piękne krajobrazy.

Celem opracowania było przedstawienie: a) głównych funkcji gleby, b) zidentyfikowanych zagrożeń dla funkcji gleby oraz c) działań spowalniających lub eliminujących czynniki zagrażające funkcjom gleb.

II. METODYKA PRACY

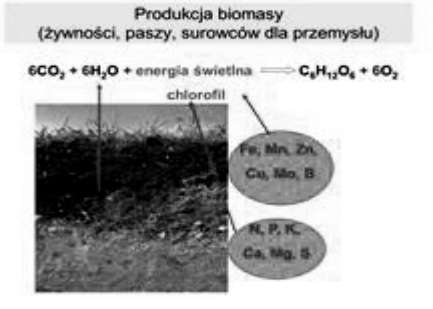
Na potrzeby tego artykułu dokonano przeglądu wybranych pozycji literatury w dostępnych bazach danych, własnych materiałów edukacyjnych (wykłady dla studentów, oraz zestawienia prezentacji wystąpień dla różnych edukowanych grup) oraz opracowań danych statystycznych. Podjęta analiza pozwoliła przedstawić interpretację badanego problemu.

III. WYNIKI

Świadczenia ekosystemu gleby

Podstawowym zagadnieniem praktycznym, dla którego należy racjonalnie użytkować zasoby gleb są ich wielorakie funkcje do których można zaliczyć:

- produkcję biomasy – żywność, pasze, surowce dla przemysłu, energia odnawialna (rys. 1, 2),
- funkcję środowiskową – retencja i ochrona wód oraz łańcuchów pokarmowych przed zanieczyszczeniami,
- fakt, że gleby stanowią miejsce zachowania bioróżnorodności i bogactwo zasobów genowych,
- fakt, że gleby stanowią miejsce posadowienia budowli, przemysłu, dróg itd. (rys. 3, 4, 5, 6).



Rys. 1. Produkcja biomasy w glebie w oparciu o proces fotosyntezy
Fig. 1. *Production of the biomass in the soil based on the photosynthesis process*

Rys. 2. Produkcja biomasy - żywność, pasze, surowce dla przemysłu, energia odnawialna
Fig. 2. *Production of the biomass - food, feed, raw materials for industry, renewable energy*

Jak już wspomniano, funkcja środowiskowa gleb jest nie do przecenienia, bo gleba to podłoga i dach świata [Kajak 2016]. Tu zachodzą procesy produkcji żywej materii organicznej, z martwej materii organicznej i minerałów uwalniane są makro-

i mikropierwiastki jako niezbędne składniki pokarmowe roślin. Jako element środowiska, gleba jest także bardzo ważna, ponieważ:

- stanowi naturalny filtr dzięki właściwościom sorpcyjnym (zatrzymywanie mineralnych składników pokarmowych i związków toksycznych),
- jest bioreaktorem - miejscem transformacji składników glebowych mineralnych i organicznych (wietrzenie minerałów, przemiany materii organicznej),
- zapewnia obieg pierwiastków (gleba - roślina - gleba; gleba - roślina -zwierzę – człowiek),
- zapewnia niezwykle ważną funkcję retencji wody, co zabezpiecza produkcję biomasy i ma wpływ na klimat,
- ma znaczący udział w wiązaniu węgla (co ogranicza zmiany klimatyczne).

Należy także podkreślić fakt, że gleby stanowią bardzo ważne miejsce zachowywania bioróżnorodności i bogactwa zasobów genowych. Organizmy glebowe nie są znane przeciętnemu człowiekowi, który glebę wyobraża sobie raczej jako ciemną martwą przestrzeń, dlatego tak łatwo godzi się by do niej wylewać trucizny, zakopywać odpady i inne [Kostecka 2004]. Tymczasem bioróżnorodność i bogactwo zasobów genowych w glebach może zaskakiwać:

- bo to właśnie duża bioróżnorodność zapewnia w glebie prawidłowe zachodzenie licznych procesów: mineralizacji materii organicznej, humifikacji, amonifikacji, nitryfikacji, denitryfikacji, a nawet rozkład trwałych zanieczyszczeń,
- ocenia się że na Ziemi funkcjonują bardzo duże zasoby komórek bakteryjnych, ich liczebność zbliżona jest do wartości **$4\text{-}6 \times 10^{30}$, z czego około $2{,}6 \times 10^{29}$** komórek egzystuje w glebie,
- 99% glebowej populacji bakterii pozostaje jeszcze jako niezbadane i może być źródłem nieznanych genów,
- poznanie i wykorzystanie metagenomów glebowych ma duże znaczenie dla rozwoju biotechnologii [Rolf 2005].

Rys. 3. Obszar lokalizacji osiedli mieszkaniowych i infrastruktury transportu
Fig. 3. *Area of location of housing estates and transport infrastructure*

Rys. 4. Obszar lokalizacji obiektów sportowych
Fig. 4. *Sports facilities location area*

Rys. 5. Lokalizacja obiektów rekreacyjno-wypoczynkowych
Fig. 3. *Location of recreational and leisure facilities*

Rys. 6. Obiekty przemysłowe
Fig. 6. *Industrial facilities*

Zagrożenia funkcji gleb

Zagrożenia funkcji gleb spowodowane są przez degradację, rozumianą jako pogorszenie właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych oraz spadek ich aktywności biologicznej, co powoduje zmniejszenie ilości, jak również jakości pozyskiwanej biomasy roślin. Całkowita utrata wartości użytkowych gleb określana jest mianem ich dewastacji [Turski i Baran 1995]. Turski i Baran [1995] procesy degradacji podzielili ze względu na sposób oddziaływania (fizyczne, fizyko-chemiczne, pokarmowe, toksykologiczne i biologiczne) oraz genezę (naturalne, geotechniczne, przemysłowe, urbanizacyjne, komunikacyjne, agrotechniczne i inne). Wyróżnili również 10 form degradacji: wyjałowienie gleb ze składników pokarmowych; zakwaszenie; ubytek próchnicy i pogorszenie jej jakości; zniekształcenie stosunków wodnych; procesy erozyjne; mechaniczna destrukcja struktury gleby; techniczno-przestrzenne rozdrobnienie powierzchni biologicznie czynnej; zanieczyszczenia mechaniczne; zanieczyszczenia chemiczne; zanieczyszczenia biologiczne.

Siuta [2000] określił formy degradacji powierzchni ziemi, które w warunkach Polski decydująco zagrażają glebom: techniczna degradacja struktury ekologicznej (techniczna zabudowa, eksploatacja kopalin); zniekształcenie powierzchniowych utworów geologicznych i rzeźby terenu; mechaniczne uszkodzenie lub zniszczenie poziomu próchnicznego; rolnicza degradacja struktury ekologicznej (ekologicznie wadliwe użytkowanie gruntów); erozja; kwasowa degradacja gleb; degradacja chemiczna (zanieczyszczenia chemiczne, zubożenie gleby przez wynoszenie składników z plonem, zubożenie gleby przez wymywanie składników, zniekształcenie chemizmu gleby wskutek deficytu tlenowego, zasolenie); przesuszenie i zawodnienie; wieloczynnikowa degradacja przemysłowa.

W raporcie Komisji Europejskiej [2002] w sprawie Strategii Tematycznej Ochrony Gleb, wyróżniono 9 głównych mechanizmów zagrożenia gleb i odpowiadających im form degradacji. Są to: pustynnienie; erozja; spadek zawartości materii organicznej; zanieczyszczenie gleby (miejscowe oraz rozproszone); zasklepienie gleby; zagęszczanie gleby; utrata różnorodności biologicznej; zasolenie; powodzie i osuwiska ziemi. Wymienione w raporcie główne kierunki zagrożenia gleb nie tworzą jednak wszystkich możliwych mechanizmów prowadzących do degradacji lub dewastacji ziemi, a jedynie wskazują na zagrożenia występujące w krajach Europy w największym nasileniu.

Karczewska [2008] wskazuje na trudność w dopracowaniu jednolitej systematyki zagrożeń gleb, co wynika z tego, że różne czynniki i mechanizmy nakładają się na siebie. Niekiedy uniemożliwia to wyznaczenie głównej przyczyny degradacji. Ponadto występują jednoczesne działania różnych czynników naturalnych i antropogenicznych, które wspólnie przyczyniają się do pogorszenia właściwości gleb lub ich zniszczenia. Karczewska [2008] zagadnienia degradacji gleb podzieliła na 3 grupy: a/ przeznaczenie gleb produktywnych na cele nierolnicze i nieleśne, wyłączenie z użytkowania; b/ procesy naturalnej degradacji intensyfikowane przez działalność człowieka (erozja wodna i wietrzna, osuwiska i inne geomorfologiczne mechanizmy niszczenia gleb, pustynnienie i stepowienie); c/ degradacja antropogeniczna (geomechaniczna, hydrologiczna, chemiczna, inne formy degradacji takie jak biologiczna i zanieczyszczenie mechaniczne).

Degradacja gleby to inaczej pomniejszenie lub zniszczenie jej funkcji i wartości użytkowych. Badania nad biologią gleb należą do bardzo istotnych [Chojnicki i in. 2018, Kostecka 2004, 2007, Kostecka i Garczyńska 2003, Kostecka i in. 2004, Kostecka i Mroczek 2007, Kostecka i Mazur 2009], podobnie jak ocena zawartości makro,

mikroelementów i metali ciężkich [Chojnicki 2010, Chojnicki i in. 2015, Hajduk i in. 2007, Kaniuczak 2007, Kwasowski i in. 2010].

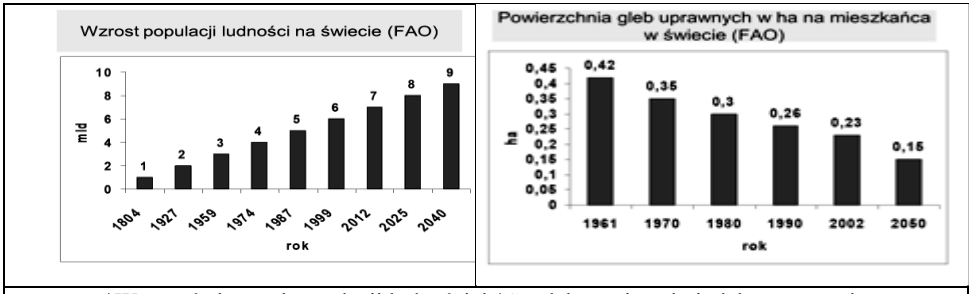
Świadomość głównych i najistotniejszych użytkowników gleb - rolników, dotycząca wpływu rolnictwa na intensyfikację procesów degradacji gleb jest kluczowa dla ich ochrony oraz utrzymania wydajności rolniczej. Jak wskazują badania przeprowadzone przez Krasowicza i in. [2011], wielu rolników jest świadomych, że nieodpowiednie praktyki rolnicze, takie jak np. nadmierna orka, niewłaściwe stosowanie nawozów czy brak okryw roślinnych, mogą przyczyniać się do zwiększonej erozji gleb. Autorzy podkreślają, że rolnicy z większą wiedzą na temat tych procesów są bardziej skłonni do wdrażania środków zapobiegawczych, takich jak uprawy ochronne, tarasowanie zboczy czy stosowanie pasów roślinnych, co pomaga w ograniczeniu erozji i ochronie zasobów glebowych.

Intensywne stosowanie nawozów azotowych, niewłaściwe zarządzanie resztkami pożniwnymi oraz brak wapnowania, prowadzą do zakwaszenia gleb. Wspomniani autorzy wskazują, że rolnicy z większą świadomością tego problemu są też bardziej skłonni do podejmowania działań zapobiegawczych, takich jak regularne wapnowanie, stosowanie nawozów organicznych oraz uprawy roślin, które mogą zmniejszać proces zakwaszania gleb. Działania te są kluczowe dla utrzymania odpowiedniego pH gleby, co ma bezpośredni wpływ na dostępność składników odżywczych dla roślin oraz na ogólną zdrowotność ekosystemu glebowego [Kopiński i in. 2013]. Badania dotyczące struktury użytkowania gleb w województwie podkarpackim w latach 1946-2005, wykazały zmniejszenie użytków rolnych z 68,9% do 42,5%; gruntów ornych z 52,6% do 28,4%. W tym samym okresie udział powierzchni lasów i pozostałych gruntów zwiększył się z 36,6% do 56,4%, kosztem wyłączenia gruntów ornych i użytków zielonych. Część zalesiono a pozostała część stała się ugorami i odłogami. Do ważnych zagrożeń gleb należą także erozja i ruchy masowe ziemi, w tym osuwiska [Kaniuczak i in. 2013a i b]. Gleby tego województwa wymagają systematycznego nawożenia naturalnego i mineralnego oraz uregulowania odczynu poprzez wapnowanie jako zabiegu melioracyjnego. Wapnowanie wszechstronnie oddziałuje na właściwości fizyczne, fizykochemiczne, chemiczne i biologiczne gleb. Stwarza to optymalne warunki do pobierania pierwiastków biogennych przez rośliny i sprzyja spowolnieniu wyczerpywania z gleb makro i mikroelementów oraz ogranicza fitoprzyswajalność metali ciężkich [Hajduk i in. 2020, Kaniuczak 2003, Kaniuczak i in. 2011, Nazarkiewicz i Kaniuczak 2012]. Złożoność wymienionych problemów degradacji gleb, ich ochrony i rekultywacji wymaga debaty wielu specjalistów z tej dziedziny i pokrewnych. W tym aspekcie, ośrodek naukowy w Rzeszowie (przy współpracy z ZG PTG, KGiChR PAN i innymi jednostkami z kraju i zagranicy) zorganizował w dwudziestoletnim okresie (1998-2018) 6 cyklicznych konferencji naukowych o zasięgu ogólnopolskim i międzynarodowym pt. ”Przyczyny i skutki degradacji środowiska glebowego”. Zaprezentowane na w/w konferencjach (w formie referatów i posterów) wyniki badań, opublikowano m. in.: w *Zeszytach Problemowych Postępów Nauk Rolniczych PAN* [zeszyt 467 I i II 709 ss/ 1999; zeszyt 493 I, II i III 939 ss/ 2003; zeszyt 520 I i II 871 ss/ 2007]; *Inżynieria Ekologiczna* [38 ss.189/ 2014]; *Roczniki Gleboznawcze* [tom L XII, nr 1 ss.186/2011]. Artykuły naukowe z V i VI konferencji drukowano we własnym zakresie między innymi w *Soil Science Annnual*, *Journal of Elementology*, *Journal of Environmental Engineering* i innych.

Ciągłe zmniejszanie powierzchni gleb uprawnych na jednego mieszkańca w świecie stanowi poważne zagrożenie dla strategicznego bezpieczeństwa żywnościowego ludzkości. Zjawisko to jest spowodowane rosnącą populacją ludności (rys. 7 a, b) oraz następującymi czynnikami w zakresie użytkowania gleb i ich przestrzennego wykorzystania:

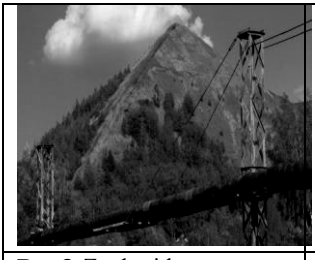
a/ różne formy degradacji gleb [Kasztelewicz i Zajączkowski 2010, Uzarowicz 2011, Uzarowicz i in. 2024] (rys. 8, 9, 10), b/ przejmowanie gleb na cele nierolnicze:

- industrialne (rys. 6)
- urbanistyczne (rys. 3)
- infrastrukturalne (drogi, obiekty usługowo-handlowe, sportowe) (rys. 4).



Rys. 7. a/ Wzrost światowej populacji ludności, b/ Spadek powierzchni gleb uprawnych
Fig. 7. *a/ Growth of the world population, b/ Decrease in the area of arable land*

Zachodzi pytanie czy istnieje możliwość zwiększenia powierzchni gleb uprawnych na świecie. Liczne badania wskazują na duże ograniczenia w tym zakresie, a podejmowane działania zwiększenia powierzchni przestrzeni rolniczej w świecie powodują negatywne oddziaływanie na środowisko [Li i Song 2023, Olson i in. 2023]. Przykładem takich działań mogą być wylesienia (jak dotąd, szczególnie lasów tropikalnych – zielonych płuc Ziemi), co prowadzi do degradacji gleb, między innymi ich erozji [El Mazi i in. 2022]. Wylesienia powodują także ocieplanie klimatu (zwiększenie częstości występowania susz, powodzi, burz, huraganów), nasilenia stepowienia, pustynnienia [Abbass i in. 2022, Davidson 2016]. W konsekwencji powyższe zjawiska tworzą nowe wyzwania i ograniczenia dla rolnictwa [Keutgen 2022].



Rys. 8. Zwałowiska pokopalniane - przykład degradacji gleb
Fig. 8. *Mine dumps - an example of total soil degradation*

Rys. 9. Składowiska odpadów przemysłowych i komunalnych - całkowita degradacja gleb
Fig. 9. *Industrial and municipal waste landfills - total soil degradation*

Rys. 10. Wyrobiska pokopalniane - całkowita degradacja gleb
Fig. 10. *Mine excavations - total soil degradation*

Bardzo ograniczone są także możliwości prowadzenia produkcji rolniczej na obszarach tajgi i tundry ze względu na niekorzystne warunki termiczne oraz na pustyniach z powodu przede wszystkim deficytu wody [website 2].

Jak widać rozwiązanie problemu ograniczają liczne bariery. Należy więc z największą uwagą i troską traktować zasoby gleb oraz w mirę możliwości ograniczać czynniki zagrażające / powodujące ich degradację. Zwraca przy tym uwagę fakt, że Europa stoi na czele listy kontynentów z udziałem zdegradowanych gleb (tab. 1).

Tabela 1 - *Table 1*

Skutki degradacji - odsetek gleb zdegradowanych na kontynentach / *Effects of degradation - percentage of degraded soils on continents* [%]

Kontynent / *Continent*	Odsetek gleb zdegradowanych / *Percentage of degraded soils*
Europa	22,3
Afryka	16,2
Azja	15,1
Ameryka Południowa	13,0
Ameryka Północna	7,0

Źródło/ *Source* (FAO) [website 3]

Koniecznym jest zauważyć, że proces powstawania gleby jest niezwykle skomplikowany, kształtuje się pod wpływem wielu czynników i trwa zazwyczaj bardzo długo – kilkadziesiąt tysięcy lat. W tej perspektywie czasowej glebę można uznać za zasób nieodnawialny. Szybkość z jaką następuje odtworzenie powierzchniowej warstwy gleby jest trudna do jednoznacznego oszacowania, bowiem zależy to od wielu różnych czynników. Przyjmuje się, że wytworzenie 1 cm gleby w warunkach naturalnych klimatu umiarkowanego wymaga od na 100 do 500 lat. Z tego wynika, że na odtworzenie górnej warstwy (20 cm) gleby potrzeba od 2 tysięcy do 10 tysięcy lat [Wilken 1995].

Wiele zagrożeń funkcji gleb uprawnych jest powodowane przez niewłaściwe ich użytkowanie. Zjawiskiem takim jest pogłębiające się zmniejszanie zawartości glebowej materii organicznej (próchnicy) w glebach [Szafranek 2000]. Spowolnienie (retardacja) tego zjawiska może być osiągnięta przez:

- zwiększenie stosowania nawozów naturalnych i organicznych (obornika, kompostów),
- zmniejszenie udziału uprawy zbóż (70-80%) w strukturze roślin uprawnych, które zmniejszają zawartość próchnicy w glebie,
- zwiększenie udziału w uprawie roślin bobowatych - działających próchniczotwórczo,
- powszechne stosowanie poplonów (międzyplonów),
- ograniczenie niewłaściwej uprawy gleby i jej zakwaszenia.

Należy pamiętać, że negatywnymi skutkami zmniejszania ilości próchnicy w glebach, szczególnie wytworzonych z piasków pokrywających około 50% powierzchni Polski będzie:

- zmniejszanie żyzności gleb (ich produkcyjności), ponieważ próchnica bardzo korzystnie wpływa na wszystkie właściwości gleb (fizyczne, chemiczne i biologiczne),
- zmniejszanie zawartości glebowej materii organicznej w glebach, to uwalnianie CO_2 do powietrza atmosferycznego, co powoduje nasilenie zmian klimatycznych.

Zagrożenia dla gleb i środowiska (eutrofizacja wód powierzchniowych i gruntowych) powodują błędy w nawożeniu roślin w zakresie: ustalania nieodpowiedniej dawki nawozów (należy unikać nadmiernego nawożenia azotem), doboru nieodpowiedniego nawozu, wykonania nawożenia w nieodpowiednim terminie lub terminach, wykonania nawożenia nieodpowiednią techniką oraz niewystarczające wapnowanie gleb o odczynie kwaśnym, którego wymaga około 50% gleb w Polsce [Jadczyszyn 2021]. Podobne błędy są często popełniane przy stosowaniu pestycydów, szczególnie w intensywnych uprawach i monokulturach. Skutkiem tego są często nadmierne zawartości pozostałości pestycydów w glebach, roślinach oraz wodach [Geissen i in. 2021, Riedo i in. 2023, Sannino i Gianfreda, 2001].

Intensyfikacja rolnictwa związana jest ze stosowaniem w mechanizacji upraw coraz cięższych maszyn i ciągników powodujących zagęszczanie gleb, w konsekwencji pogorszenie ich właściwości fizycznych [Batey 2009, Colombi i Keller 2019, Shaheb i in. 2021] (rys. 11).

Rys. 11. Zagęszczenie gleb jako pogłębiający się efekt mechanizacji
Fig. 11. *Soil compaction as a deepening effect of mechanization*

Mechaniczną degradację gleb powoduje także ich erozja wodna i wietrzna [Laflen1 i Flanagan 2013] (rys. 12, 13), która powodowana jest przez:

- nieprawidłową uprawę gleb,
- wadliwy dobór roślin uprawnych,
- niewłaściwe użytkowanie (nadmierny wypas użytków zielonych),
- nieprawidłowe melioracje wodne (zbyt odwadniające),

Rys. 12. Erozja wodna gleb - proces zmywania powierzchniowej warstwy gleby
Fig. 12. *Water erosion of soil - the process of washing away the surface layer of soil*

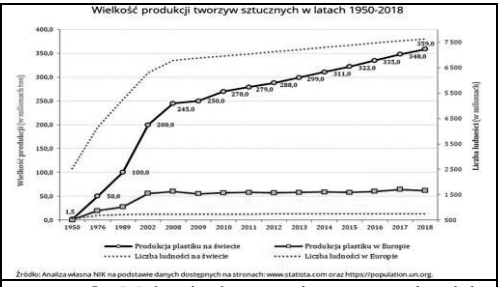
Rys. 13. Erozja wiatrowa gleb - proces rozwiewania powierzchniowej warstwy gleby
Fig. 13. *Wind erosion of soil - the process of blowing away the surface layer of soil*

Zjawisko zasklepiania gleb (trwałe pokrycie gleby materiałem nieprzepuszczalnym) występuje przede wszystkim w miastach i prowadzi do całkowitego wyeliminowania lub częściowego ograniczenia funkcji gleb. Wyniki przeprowadzonych badań w Warszawie [Białousz i Kupidura 2008] wykazały, że dla wyróżnionych 7 klas zabudowy udział gruntów zasklepionych wynosił: bardzo gęsta zabudowa - 96 %, bardzo gęsta przemysłowa - 91%, gęsta obrzeżna – 74 %, gęsta (obiekty publiczne) – 75%, średnio gęsta (bloki) - 52%, zabudowa jednorodzinna – 26 % oraz tereny zielone - 20 %. W Warszawie grunty zasklepione stanowią 47% powierzchni terenów zabudowanych i 22% powierzchni terenów w granicach administracyjnych miasta.

Do czynników zagrażających funkcjom gleb i środowisku należy także ich zanieczyszczenie chemiczne metalami ciężkimi [Hajduk i in. 2007, Kwasowski i Markiewicz 2007, Różański i in. 2018] oraz pyłami PM [Schläfle i in. 2021]. Jest to spowodowane emisją zanieczyszczeń przemysłowych (rys. 14a), rozwijającą się motoryzacją i chemizacją rolnictwa (rys. 15, 16 i 17). Coraz powszechniejsze stosowanie plastiku w całej gospodarce i w rolnictwie powoduje występowanie w glebach mikroplastiku [Hao i in. 2021, Sajjad i in. 2022] (rys. 14b). Problem ten jest inspiracją do dalszych badań nad możliwością wchodzenia mikroplastiku w łańcuch

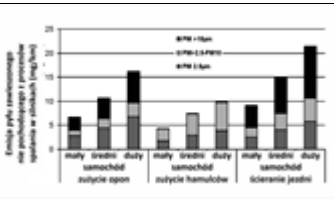
pokarmowy oraz jego przemieszczaniem się w środowisku i szkodliwością dla organizmów żywych i człowieka.

Rys. 14a. Emisje przemysłowe gazów cieplarnianych (kwaśne opady), metali ciężkich (Pb, Cd, Cr ....) i ich akumulacja w glebach
Fig. 14a. *Industrial emissions of greenhouse gases (acid precipitation), heavy metals (Pb, Cd, Cr ....) and their accumulation in soils*



Rys. 14b. Mało zbadane zanieczyszczenie gleb mikroplastikem
Fig. 14b. *Little-researched microplastic contamination of soils*

Rys. 15*. Zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi (Pb, Cd, Cr ....), WWA i emisja gazów cieplarnianych przez motoryzację*
Fig. 15. *Soil contamination with heavy metals (Pb, Cd, Cr ....), PAHs and greenhouse gas emissions from motorization*



Rys. 16. Emisja cząstek PM przez motoryzację ze ścierania: powierzchni dróg, opon, elementów ciernych układu hamulcowego oraz wtórne unoszenie pyłu
Fig. 16. *Particle emission from motorization due to abrasion of road surfaces, tires, friction elements of the braking system and secondary dust lifting*

Rys. 17. Nadmierna chemizacja rolnictwa (stosowanie środków ochrony roślin - pestycydów)
Fig. 17. *Excessive use of chemicals in agriculture (use of plant protection products - pesticides)*

Retardacja (spowolnienie) zagrożeń dla funkcji gleb, cele i działania

Celem spowolnienia zagrożeń funkcji gleb jest ich zmniejszenie, spowolnienie w czasie, a najlepiej całkowite ich wyeliminowanie. Jest to przedsięwzięcie bardzo ważne i zarazem trudne do realizacji, uwarunkowane wieloma czynnikami, między innymi postępującą intensyfikację rolnictwa oraz narastającą antropopresją na gleby i środowisko. Realizacja tego celu wymaga kompleksowych, długotrwałych działań oraz zaangażowania rolników, naukowców, właścicieli przedsiębiorstw doradczych, zaopatrzeniowych i usługowych dla rolnictwa, władz lokalnych, polityków, różnych organizacji związanych z rolnictwem oraz jak największych rzesz obywateli.

Należy podkreślić, że polityka środowiskowa Unii Europejskiej (UE) kładzie duży nacisk na utrzymanie zdrowych (funkcjonalnych) gleb użytkowanych rolniczo, zwracając uwagę, że są one warunkiem stabilnych dostaw wysokiej jakości żywności, pasz, surowców

dla przemysłu przetwórczego oraz rozwoju zdrowego społeczeństwa. Równocześnie świadczą szeroki zakres usług ekosystemowych i zachowanie różnorodności biologicznej [Tan 2014]. Praktycznym działaniem UE jest utworzenie i finansowanie wielu projektów badawczych dotyczących zdrowych, funkcjonalnych gleb.

Największym i bardzo ważnym UE projektem badawczym, który dotyczy gleb użytkowanych rolniczo, zrównoważonego zarzadzania nimi oraz odporności gleb na zmiany klimatu jest Europejski Wspólny Program SOIL (ang. *European Joint Programme* SOIL – EJP SOIL) pt.: "W kierunku przyjaznego dla klimatu zarządzania glebami rolniczymi" (ang."*Towards climate-smart management of agricultural soil*" (akronim EJP SOIL) [website 4]. Głównym celem projektu EJP SOIL jest utworzenie zrównoważonego, zintegrowanego europejskiego systemu badawczego, oraz opracowanie i wdrożenie reguł w zakresie zrównoważonego i przyjaznego dla klimatu zarządzania glebami rolniczymi. Zakres działania programu skupia się na czterech następujących problemach: tworzenie nowej wiedzy, dzielenie się wiedzą, harmonizacja danych o glebach i zastosowanie wiedzy w praktyce. W realizacji projektu uczestniczy 26 instytucji naukowych z 24 krajów Europy wspieranych przez instytucje rządowe, w tym dwie instytucje z Polski. W ramach EJP SOIL było/jest realizowane wiele projektów, między innymi: SCALE – *Managing sediment connectivity in agricultural landscapes for reducing water erosion impacts* [website 5], SOMPACS – *Soil management effects on soil Organic Matter Properties and Carbon Sequestration* [website 6].

Również w ramach Misji: Porozumienie w sprawie gleb dla Europy, w zakresie badań naukowych i innowacji HORYZONT EUROPA 2021-2027 są realizowane projekty w programie „Współtworzenie rozwiązań dla zdrowia gleby w Żywych Laboratoriach" [website 7]. Celem tych projektów jest poprawa stanu gleb (zdrowia i funkcjonalności) oraz zwiększenie ich odporności na negatywny wpływ człowieka i środowiska. Projekty są realizowane w Żywych Laboratoriach (multidyscyplinarnych platformach), które umożliwiają rozwój inicjatyw terytorialnych i regionalnych z udziałem rolników, naukowców, planistów gruntów, firm handlowo-doradczo-usługowych, decydentów politycznych i obywateli dla współtworzenia innowacyjnego podejścia do bardziej ekonomicznego, społecznego i ekologicznego zrównoważonego użytkowania gleb.

Należy pamiętać, że oprócz bardzo dużego wsparcia finansowego UE różnych działań ukierunkowanych na poprawienie, zachowanie funkcjonalności (zdrowia) gleb w Polsce, konieczne jest także zaangażowanie istniejących instytucji i społeczeństwa w ten problem. Wspólny wysiłek ludzi nauki, szeroko pojętego doradztwa rolniczego, edukacji może ograniczyć zagrożenia dla gleb powodując następujące konsekwentne i profesjonalne działania:

- właściwe/racjonalne, zrównoważone użytkowanie gleb zgodnie z ich właściwościami, szczególnie w rolnictwie i leśnictwie,
- zapobieganie, ograniczanie degradacji, dewastacji gleb,
- rekultywację i zagospodarowanie gruntów na cele rolnicze,
- doskonalenie i egzekwowanie regulacji prawnych w zakresie „ochrony gruntów rolnych i leśnych oraz ich rekultywacji",
- monitorowanie stanu gleb i dalsze ich badania,
- rozwój doradztwa o glebach wśród ich użytkowników (głównie rolników i leśników),
- edukację gleboznawczą na wszystkich poziomach nauczania w szkołach (szczególnie na poziomie wyższym) oraz całego społeczeństwa.

Należy podkreślić, że polskie ustawodawstwo uwzględnia problematykę ochrony i rekultywacji gleb zdegradowanych zarówno przez przemysł jak i działalność rolniczą

człowieka (np. Ustawa o zapobieganiu… 2007, Strategiczny Program … 2020, Obwieszczenie … 2024).

IV. PODSUMOWANIE

Termin retardacja (spowolnienie) ma w Dekadzie Odtwarzania Ekosystemów (*Decade of Ecosystem Restoration*) (2021-2030) i akceptacji dla *Nature Restoration Law*, bardzo istotne oraz szerokie znaczenia i zastosowania. Koncepcja retardacji, interpretowana jako spowalnianie przekształcania zasobów środowiska przyrodniczego ma na celu zachowanie równowagi i harmonii w szeroko pojętym środowisku życia człowieka (przyrodniczo-społeczno- ekonomicznym).

Walka o żyzną i odporną na antropopresję glebę trwa i nadal wymaga uwagi i odpowiedzialnych działań badawczych, edukacyjnych, legislacyjnych i organizacyjnych. Warto zawalczyć o taką organizację życia społeczno-gospodarczego aby nie tylko rolnicy powszechnie wdrażali praktyki przyjazne środowisku, takie jak rolnictwo regeneratywne, w tym zrównoważone stosowanie nawozów i pestycydów, agroleśnictwo i systemy upraw bezorkowych, w celu minimalizacji negatywnego wpływu tej działalności człowieka na ekosystemy. Dla żyznej i zdrowej gleby potrzebne jest powszechne zrozumienie wagi jej świadczeń dla człowieka i organizmów żywych, przejawiające się także w codziennych działaniach spowalniających i neutralizujących zagrożenia dla niej. Ekosystemy, w tym gleba, muszą być uważane za podstawową bazę bezpiecznej i strategicznie długofalowej egzystencji człowieka w biocenozie Planety.

BIBLIOGRAFIA

1. Batey T. 2009. Soil compaction and soil management – a review. Soil Use and Management. 25. 335-345. doi: 10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x.
2. Abbass K., Qasim M. Z., Song H., Murshed M., Mahmood H., Younis I. 2022. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. Environmental Science and Pollution Research. 29. 42539-42559. doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6.
3. Białousz S., Kupidura P. 2008. „SOIL SEALING" – zagrożenia gleb wymienione w Europejskiej Strategii Ochrony Gleb. Propozycja metodyki jego określenia. Studia Raporty IUNG-PIB. Zeszyt 12. 1-10. doi: 10.26114/sir.iung.2008.12.04.
4. Chojnicki J. 2010. Titanium in alluvial soils of central Vistula and Żuławy. Polish Journal of Soil Science. Soil Chemistry. vol. XLIII/1. 49-56. PL ISSN 0079-2985.
5. Chojnicki J., Jarząbski P., Kwasowski W. 2018. Ocena potencjalnej żyzności gleb Puszczy Białej z wykorzystaniem indeksu trofizmu gleb leśnych (ITGL). Przyczyny i skutki degradacji środowiska glebowego. Książka komunikatów. 51-154.
6. Chojnicki J., Kwasowski W., Piotrowski M., Oktaba L., Kondras M. 2015. Trace elements in arable Cambisols and Luvisols developed from boulder loam and fluvioglacial sands of the Skierniewicka Upland (central Poland). Soil Science Annual. vol. 66. 4. 198-203. DOI: 10.1515/ssa-2015-0037.
7. Colombi T., & Keller T. 2019. Developing strategies to recover crop productivity after soil compaction - A plant eco-physiological perspective. Soil & Tillage Research. 191. 156-161. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.04.00.
8. Davidson D. 2016. Gaps in agricultural climate adaptation research. Nat Clim Chang. 6(5). 433-435.
9. El Mazi M., Hmamouchi M., Saber E., Bouchantouf S., Houari A. 2022. Deforestation effects on soil properties and erosion: a case study in the central Rif, Morocco. Eurasian Journal of Soil Science. 11(4). 275-283. DOI: 10.18393/ejss.1098600.

10. Geissen V., Silva V., Lwanga E.H., Beriot N., Oostindie K., Bin Z., Pyne E., Busink S., Zomer P., Mol H., Ritsema C.J. 2021. Cocktails of pesticide residues in conventional and organic farming systems in Europe – legacy of the past and turning point for the future. Environ. Pollut. 278. 116827. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116827.
11. Hajduk E., Kaniuczak J., Właśniewski S. 2007. Wpływ przemysłu na zawartość metali ciężkich w glebach pogórza Strzyżowskiego i Dołów Jasielsko-Sanockich. Zesz. Probl. Post Nauk Rol. PAN. 520. II. 55-64.
12. Hajduk E., Nazarkiewicz M., Gąsior J., Właśniewski S., Kaniuczak J. 2020. Effect of fertilization on the Mo content in potato tubers and in biomass on sunflower cultivated on a Luvisol formed from loess. J. of Elem. 25. 3. 1115-1126.
13. Hao A.H., Zhao B.W., Zhang J. 2021. Research progress of microplastics in soil samples. Chemistry. 84(06). 535-542.
14. Jadczyszyn T. 2021. Nowe zalecenia w zakresie wapnowania gleb. Studia Raporty IUNG-PIB. Zeszt. 65(19). 99-109. doi: 10.26114/sir.iung.2021.65.07.
15. Kajak A. 2016. Biologia gleby. Wydawnictwo SGGW. Warszawa. ISBN: 9788375836059.
16. Kaniuczak J. 2003. Uproszczony bilans cynku w glebie lessowej w zależności od wapnowanie i nawożenie mineralnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN. II. 493. 381-388.
17. Kaniuczak J. 2007. Wybrane właściwości fizykochemiczne i chemiczne gruntów pogórniczych na obszarze po Kopalni Siarki „Jeziórko". Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN. II. 520. 93-100.
18. Kaniuczak J., Hajduk E., Właśniewski S. 2011. Effect of liming and mineral fertilization on cadmium content in grain of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivated on loessial soil. J. of Elem. 16. 4. 535-542.
19. Kaniuczak J., Stanek-Tarkowska J., Knap R., Alvares B., Pajączek A. 2013a. Zasoby i struktura użytkowania powierzchni ziemi i gleb w województwie podkarpackim. Inżynieria Ekologiczna. 34. 140-148.
20. Kaniuczak J., Stanek-Tarkowska J., Augustyn Ł., Szostek M., Knap R., Szewczyk A. 2013b. Wykorzystanie i ochrona zasobów powierzchni gruntów w województwie podkarpackim. Inżynieria Ekologiczna. 34. 149-157.
21. Karczewska A. 2008. Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. 414 ss.
22. Kasztelewicz Z., Zajączkowski M. 2010. Wpływ działalności górnictwa węgla brunatnego na otoczenie. Polityka Energetyczna. 13(2). 227-243.
23. Kiryluk A., Kostecka J. 2022. Sustainable development in rural areas in the perspective of a Decade of Ecosystem Restoration. Ekonomia i środowisko. 4. 117-148. https://doi.org/10.34659/eis.2022.83.4.535.
24. Keutgen A. J. 2023. Climate change: challenges and limitations in agriculture. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 1183. 1-8. doi:10.1088/1755-1315/1183/1/012069.
25. Komisja Europejska. 2002. W kierunku strategii tematycznej ochrony gleb. Komunikat KE do Rady Europy i PE. Bruksela. Com. 2002. 179.
26. Kopiński J., Nieróbca A., Ochal P. 2013. Ocena wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produkcyjności roślinnej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 13(2). 53-63.
27. Kostecka J. 2004. Preservation of soil fauna biodiversity – still undervalued in education for sustainable development. W: Using, choosing or creating the future. V. W. Thoresen (ed.). Høgskolen i Hedmark Oppdragsrapport. 4. 209-220.

28. Kostecka J. 2007. Ocena wybranych grup bezkręgowców w antropogenicznych utworach glebowych na terenach po kopalni siarki „Jeziórko". Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 520. 115-122.
29. Kostecka J. 2010. Wybrane oblicza retardacji przekształcania zasobów przyrody. Homo Naturalis. Uniwersytet Wrocławski / Politechnika Wrocławska. 19-25.
30. Kostecka J., Garczyńska M. 2003. Liczebność wybranych przedstawicieli makrofauny glebowej w różnych siedliskach regionu Bieszczadów. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 493. 401-407.
31. Kostecka J., Pączka G., Mastalerczyk M. 2004. Ocena procesu rekultywacji terenów po kopalni siarki w Jeziórku, na podstawie stanu fauny dżdżownic. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 498. 135-145.
32. Kostecka J., Mroczek J.R. 2007. Świadomość ekologiczna rolników a zrównoważony rozwój obszarów wiejskich podkarpacia. Ekonomia i Środowisko. 2(32). 164-177.
33. Kostecka J., Mazur A. 2009. Cechy przedstawicieli fauny dżdżownic (*Lumbricidae*) w odłogu piaszczystym rekultywowanym osadami ściekowymi. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 535. 243-251.
34. Kwasowski W., Markiewicz M. 2007. Zawartość metali ciężkich w glebach ogródków przydomowych w rejonie oddziaływania Zakładów Akumulatorowych "Piast" w Piastowie. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 531-539.
35. Kwasowski W., Chojnicki J., Falfus K. 2010. Fractions and mobility of zinc, copper, lead in the intensely cultivated luvisoils of the Błonie-Sochaczew plain. Roczniki Gleboznawcze. LXI. 3. 77-88.
36. Laflen1 J.M., Flanagan D.C. 2013. The development of U. S. soil erosion prediction and modeling. International Soil and Water Conservation Research. 1(2). 1-11. DOI: 10.1016/S2095-6339(15)30034-4.
37. Li H., Wei Song W. 2023. Spatial transformation of changes in global cultivated land. Science of the Total Environment. 859. 160194. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160194.
38. Łuczak K., Kusza G., Błaszczok M. 2024. Wpływ rolnictwa na środowisko w opinii właścicieli wybranych gospodarstw rolnych położonych na terenie powiatu raciborskiego. Pol. J. Sust. Dev. 28 (1). 125-136. DOI:10.15584/pjsd.2024.28.1.13.
39. Nazarkiewicz M., Kaniuczak J. 2012. Influence of liming on selected soil properties as well as yield and chemical composition of plants. [w:] Practical Applications of Environmental Research. Nauka dla Gospodarki: J. Kostecka i J. Kaniuczak (red.). Internetowa Promocja Nauki. UR Rzeszów. 77-94.
40. Obwieszczenie Marszałka Sejmu RP z dnia 16 stycznie 2024 w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Dz. U. RP. 24 stycznia 2024. Poz. 82.
41. Olsson L., Cotrufo F., Crews T., Franklin J., King A., Mirzabaev A., Scown M., Tengberg A., Villarino S. and Wang Y. 2023. The State of the World's Arable Land. Annual Review of Environment and Resources. 48(1). 452-466. DOI: 10.1146/annurev-environ-112320-113741.
42. Oszmańska M. 2005. Świadomość ekologiczna rolników. Progress in Plant Protection. 45(1). 351.
43. Riedo J., Wachter D., Gubler A., Wettstein F.E., Meuli R.G., Bucheli T.D. 2023. Pesticide residues in agricultural soils in light of their on-farm application history. Environmental Pollution. 331. 121892. doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121892.
44. Rolf D. 2005. Metagenomika gleby. Nature Reviews. Mikrobiologia. 3. 470-478.
45. Różański S., Kwasowski W., Castejón J. [i in.] 2018. Heavy metal content and mobility in urban soils of public playgrounds and sport facility areas, Poland. Chemosphere. 212. 456-466. DOI:10.1016/j.chemosphere.2018.08.109.
46. Sajjad M., Huang Q., Khan S., Khan M. A., Liu Y., Wang J., Lian F., Wang Q., Guo G. 2022. Microplastics in the soil environment: A critical review. Environmental Technology & Innovation. 27. 102408.

47. Sannino F., Gianfreda L. 2001. Pesticide influence on soil enzymatic activities. Chemosphere. 45. 417-425. https://doi.org/10.1016/s0045-6535(01)00045-5.
48. Schläfle S., Unrau H.J., Gauterin F. 2023. Influence of Longitudinal and Lateral Forces on the Emission of Tire–Road Particulate Matter and Its Size Distribution. Atmosphere. 14. 1780.
49. Shaheb M.R., Venkatesh R., Shearer S.A. 2021. A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production. Journal of Biosystems Engineering. 46. 417-439. doi.org/10.1007/s42853-021-00117-7.
50. Siuta J. 2000. Ochrona powierzchni ziemi - stan i niezbędne działania. Inżynieria Ekologiczna. 1. 158-183.
51. Strategiczny Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2020-2025. GIOŚ. W-wa 2020.
52. Szafranek A. 2000. Właściwości oraz przydatność rolnicza gleb płowych i rdzawych Wysoczyzny Kałuszyńskiej . Wydawnictwo SGGW. Warszawa. 1-132.
53. Tan K.H. 2014. Humic Matter in Soil and the Environment: Principles and Controversies. Second Edition . CRC Press. Taylor and Francis Group.
54. Turski R., Baran S. 1995. Degradacja ochrona i rekultywacja gleb. AR w Lublinie. ss. 164.
55. Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie. Dz. U. 75. 493.
56. Uzarowicz Ł. 2011. Technogenic soils developed on mine spoils containing iron sulfides in select abandoned industrial sites: Environmental hazards and reclamation possibilities. Polish Journal of Environmental Studies. 20. 771-782.
57. Uzarowicz Ł., Swęd M., Kwasowski W., Pędziwiatr A., Kaczmarek D., Koprowska D., Górka-Kostrubiec B., Pawłowicz E., Murach D. 2024. Initial pedogenic processes, mineral and chemical transformations and mobility of trace elements in Technosols on dumps of the former copper mines in Miedziana Góra and Miedzianka, the Świętokrzyskie Mts., south-central Poland. Catena. 245. 108293. DOI:10.1016/j.catena.2024.108293.
58. Wilken E. 1995. Assault of the Earth. Word Watch. 8 (2). 22-23.

Strony internetowe:
website 1: https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/soils/soil-health
website 2: https://earth.org/challenges-farmers/
website 3: https://zpe.gov.pl/a/degradacja-gleb-na-swiecie-i-jej-skutki/DuguSPvVG
website 4: https://ejpsoil.eu/
website 5: https://ejpsoil.eu/soil-research/internal-external-projects
website 6: https://upwr.edu.pl/en/research/projects/european-funds/sompacs
website 7: https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en

RECOGNITION AND COUNTERMEASURES AGAINST THREATS TO SOIL FUNCTIONS – SELECTED ASPECTS OF BASIC KNOWLEDGE FOR DECISION MAKERS

Summary

Good quality, fertile soils are a fundamental element of the natural environment, in the soil the process of matter circulation and energy flow begins and ends. It is a place where complex elements of animate nature (biodiversity) and inanimate nature provide numerous ecosystem services for the multi-element and multi-level biosphere - including humans. Healthy soil means healthy food and a healthy human. Soils, being also a means of infrastructure for agricultural

production, are of great socio-economic importance. The aim of the study was to show selected characteristics of soil and its role, as well as to determine the basic actions necessary to be taken in order to slow down threats to its complex functions.

Keywords: soil, education, degradation, retardation of the rate of resource transformation

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 61-68. rok 2024

TOMASZ CIESIELCZUK

Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Uniwersytet Opolski, ul. Kominka 6, 45-033 Opole, Poland. tel. +4877 401 60 20, email: *tciesielczuk@uni.opole.pl*

ODPADY Z PRZEMYSŁU TEKSTYLNEGO JAKO NOŚNIK AZOTU ORGANICZNEGO DLA SEKTORA OGRODNICZEGO

Zjawisko fast fashion generuje co roku znaczne masy odpadów tekstylnych. Tylko w Europie to 12,6 mln Mg z czego ubrania i obuwie to 5,2 mln Mg. Jednym ze sposobów ich zagospodarowania jest recykling materiałowy, gdzie w procesach rozwłókniania, przędzenia i tkania powstanie nowa tkanina, jednak udział tak przetwarzanych odpadów wynosi 1% masy. Innym sposobem jest zagospodarowanie mające na celu poprawę własności gleb poprzez zastosowanie modyfikowanych fizycznie i chemicznie odpadów i wykorzystanie jako polepszacza glebowego. W pracy badano możliwość zastosowania odpadowej tkaniny bawełnianej jako nośnika organicznego nawozu azotowego o zrównoważonym działaniu. Skrawki odpadowej tkaniny bawełnianej o gramaturze 408g/m^2 nasycano gorącym roztworem kolagenu, który po wysuszeniu stanowił 1/3 masy próbek. Tak przygotowane skrawki, zastosowano jako nawóz dla gleby lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Zastosowano przemywanie wodą deszczową o temperaturze 20ºC. Azot zawarty w kolagenie został uwolniony w ciągu 42 dni do roztworu glebowego, przy czym maksimum stężeń przypadło na okres 4-6 dnia po aplikacji. Dodatkową zaletą uzyskanego materiału jest naturalna pojemność wodna bawełny, co jest istotne z punktu widzenia gromadzenia wody w glebach lekkich. Równolegle, zaobserwowano powolną degradację tkaniny bawełnianej, która po 3 miesiącach inkubacji rozpadała się na fragmenty. Zastosowana modyfikacja odpadowej tkaniny bawełnianej daje możliwość zagospodarowania odpadów tekstylnych jako nośnik nawozu, co pozwoli na zmniejszenie masy odpadów bawełnianych kierowanych do spalania lub składowanych.

Słowa kluczowe: przemysł tekstylny, bawełna odpadowa, azot organiczny, retardacja

I. WSTĘP

Negatywne oddziaływanie przemysłu włókienniczego na środowisko nasiliło się wraz z powstaniem zjawiska określanego jako „Fast fashion". Zapotrzebowanie na nawozy, środki ochrony roślin oraz barwniki i energia wykorzystywane w czasie produkcji odzieży znacznie zwiększyły emisję gazów cieplarnianych oraz przyspieszyły degradację gleb [Rukhaya i in. 2021]. Na odpady przemysłu tekstylnego składają się dwa główne strumienie – odpady przedkonsumpcyjne i odpady pokonsumpcyjne. Pierwsza grupa to odpady powstałe w trakcie produkcji w postaci ścinków niewykorzystanej tkaniny oraz gotowe produkty, które zostały wycofane z uwagi na wady produkcyjne. To właśnie ten strumień najczęściej poddawany jest recyklingowi z uwagi na jednorodność materiału i brak ew. zanieczyszczeń wsadu poddanego procesowi recyklingu. Druga grupa, to zużyta odzież zebrana w procesie zbiórki selektywnej.

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.5

Grupa ta zawiera produkty wykonane z włókien mieszanych, a ponadto zawiera znaczne ilości zanieczyszczeń w tym nity, zamki błyskawiczne oraz guziki.

Obecnie coraz szerzej wykorzystywane są odpady pochodzenia roślinnego do nawożenia lub poprawy właściwości gleby [Hossain i in. 2016]. Zastosowanie odpadowej bawełny może być elementem zrównoważonego nawożenia upraw ogrodniczych, szczególnie w gospodarstwach produkcyjnych, gdzie zużywane są znaczne masy podłoży organicznych opartych na torfie. Nośnik azotu powinien zapewnić zrównoważone uwalnianie tego pierwiastka w trakcie procesu produkcji rozsady lub roślin przeznaczonych na sprzedaż.

Używana odzież powinna być w pierwszej kolejności przekazana organizacjom pomocowym, lub przekazana do punktu wymiany (sklep recyrkularny, reUżytkownia), jednak w przypadku uszkodzenia, tkaniny takie stają się czyściwem lub paliwem RDF (rys.1). W mniejszym stopniu (nie przekraczającym 1%, odpady takie są rozwłókniane i z ponownie skręconej przędzy wykonywane są nowe wyroby. W odosobnionych przypadkach niezanieczyszczony odpad bawełniany jest kierowany jako wkład układów biofiltracji gazów, do spalania, toryfikacji lub kompostowania [Patel i in. 2021, Wierzbińska 2023]. Globalna konsumpcja wynosi obecnie 62 mln Mg, a prognozowana masa produktów tekstylnych w roku 2030 wyniesie 102 mln Mg [Niinimäki i in. 2020]. Dodatkowym negatywnym aspektem przemysłu odzieżowego jest emisja 500 tys. Mg mikrowłókien uwalnianych rocznie do mórz [Maiti 2023].

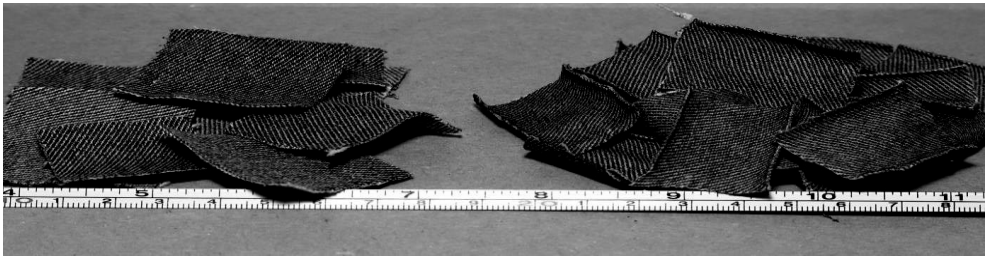
Rys. 1. Losy odpadów bawełny powstających w gospodarstwach domowych
Fig. 1*. The fate of cotton waste generated in households*

Celem pracy było przetestowanie odpadów z bawełny jako nośnika azotu organicznego z odpadów w produkcji ogrodniczej jako źródła zrównoważonego nawożenia azotowego.

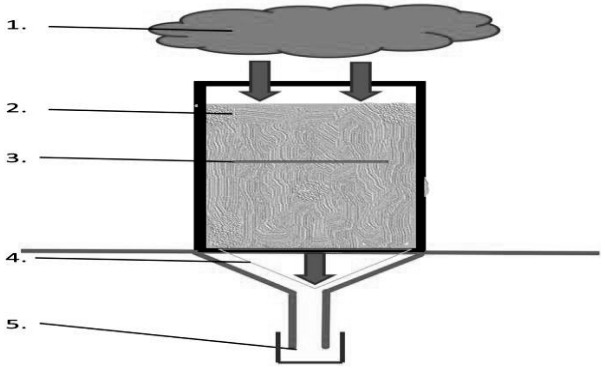
II. MATERIAŁ I METODY

Skrawki odpadowej tkaniny bawełnianej splotu jeans o gramaturze 400 g/m^2 (pojemność wodna 1,36 g/g, porowatość 99,6%), nasycano gorącym roztworem kolagenu technicznego (N 9,68%), który po wysuszeniu stanowił 1/3 masy próbek. Próbki bawełny kontrolnej (B) miały masę średnią 475 mg, natomiast nasycone kolagenem (BC) 646 mg (rys. 2). Tak przygotowane skrawki bawełny odpadowej, zastosowano jako nawóz dla gleby lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Glebę pozyskano ze stanowiska naturalnego i przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. Pojemniki eksperymentalne o pojemności 300 cm^3 (rys. 3), przemywano wodą deszczową o temperaturze 20^{o}C, w ilości 50 cm^3/podlewanie w 1,4, 6, 14 dniu a następnie w interwale 1x/tydzień i 1x/2 tygodnie w drugiej fazie eksperymentu.

Układ eksperymentalny poza dniami podlewania był przechowywany w pomieszczeniu bez dostępu światła słonecznego. Próbki eluatu sączono i poddano analizie zawartości azotu całkowitego oraz azotanów i jonów amonowych metodami spektrofotometrycznymi.



Rys. 2. Skrawki materiału bawełnianego kontrolne (po lewej) i nasączone kolagenem (strona prawa)
Fig. 2. *Control cotton fabric scraps (left) and collagen-soaked scraps (right)*



1. Woda deszczowa, 2. Gleba, 3. Bawełna odpadowa, 4, Sączek, 5. Odbiór eluatu
1. Rainwater, 2. Soil, 3. Waste cotton, 4, Filter, 5. Collection of eluate

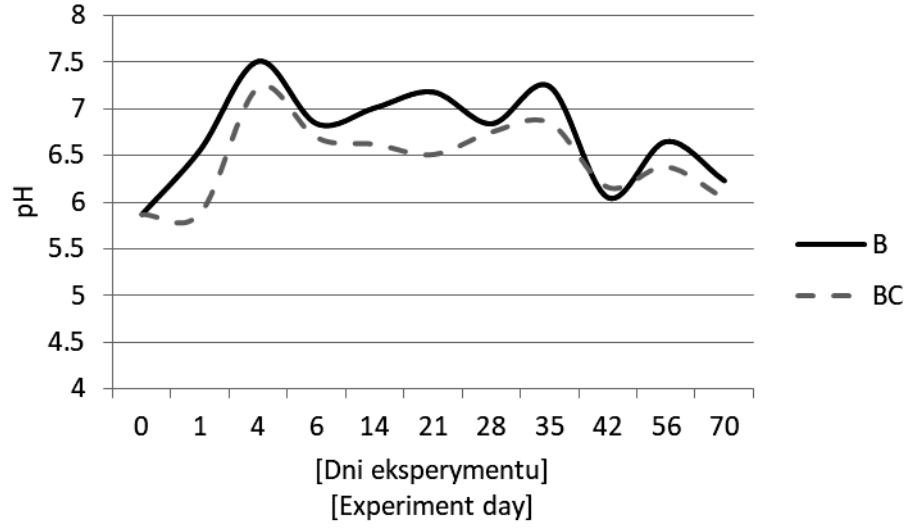
Rys. 3. Układ eksperymentu
Fig. 3*. Experimental setup*

III. WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza źródeł literaturowych nie wykazała zastosowania bawełny odpadowej jako nośnika azotu organicznego do zastosowania w uprawach roślin. Odpad w postaci bawełny, jeśli nie nadaje się do wykorzystania przez macierzysty przemysł, jest kierowany do wytworzenia czyściwa lub jest substratem do kompostowania [Abbas i in. 2013]. Kolagen, oprócz prac własnych Autora [Ciesielcuk i in. 2018] był także proponowany jako źródło azotu dla roślin przez innych autorów [Chen i in. 2023]. Skrawki bawełny odpadowej nasycone kolagenem są sztywne i kruche co może stanowić problem podczas aplikacji do gleby. Na rys. 4 przedstawiono zmiany wartości pH eluatów uzyskiwanych w czasie eksperymentu. Wartości te były zbliżone, jednak nieco niższe wartości zanotowane dla próbek BC wskazują na lekkie zakwaszenie podłoża w efekcie mikrobiologicznego rozkładu kolagenu.

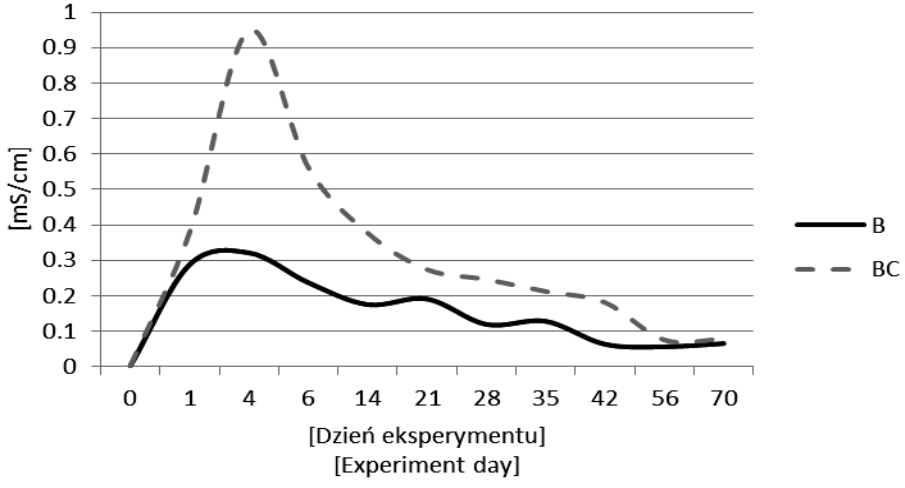
Na rys. 5 przedstawiono zmiany zawartości przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), jako obraz stężenia jonów uwolnionych do roztworu glebowego. W 4 dniu eluat uzyskany z serii BC osiągnął maksimum – niemal 0,95 mS/cm. Stężenie jonów nieorganicznego azotu zależy w decydującym stopniu nie tylko od wilgotności gleby, ale także od podatności nawozu na rozpuszczanie [Tripolskaja i Verbylienė 2014]. Zanotowane wartości PEW nie stanowią zagrożenia dla roślin, które reagują negatywnie (w efekcie wystąpienia zjawiska tzw. suszy fizjologicznej) dopiero w przypadku zasolenia rzędu 4-6 mS/cm. Znacznie niższe

wartości (przekraczające 0,3 mS/cm zanotowano w przypadku serii kontrolnej B. Zasolenie generowane przez serię kontrolną wynika z naturalnej zawartości łatwo rozpuszczalnych soli w glebie eksperymentalnej.



bawełna kontrolna (B), nasycona kolagenem (BC) / *control cotton (B), saturated with collagen (BC)*

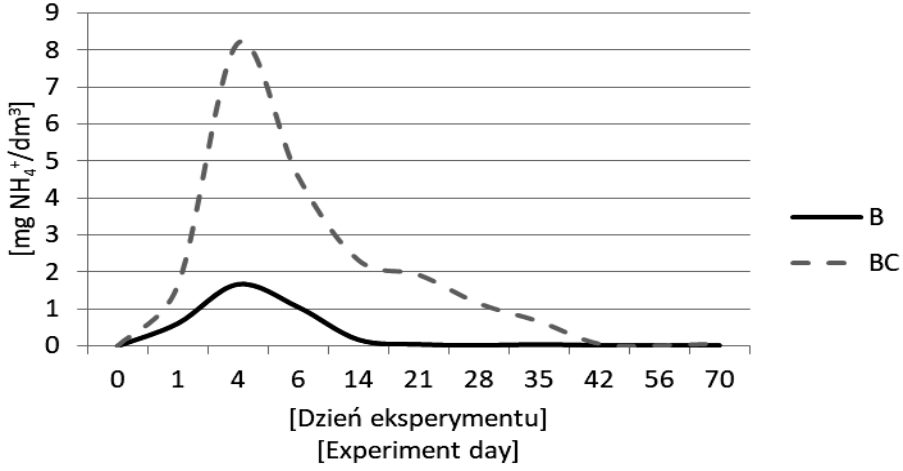
Rys. 4. Zmiany odczynu odcieków uzyskanych w czasie eksperymentu
Fig. 4. *Changes in the pH of leachate obtained during the experiment*



bawełna kontrolna (B), nasycona kolagenem (BC) / *control cotton (B), saturated with collagen (BC)*

Rys. 5. Zmiany PEW odcieków uzyskanych w czasie eksperymentu
Fig. 5. *Changes in EC of leachates obtained during the experiment*

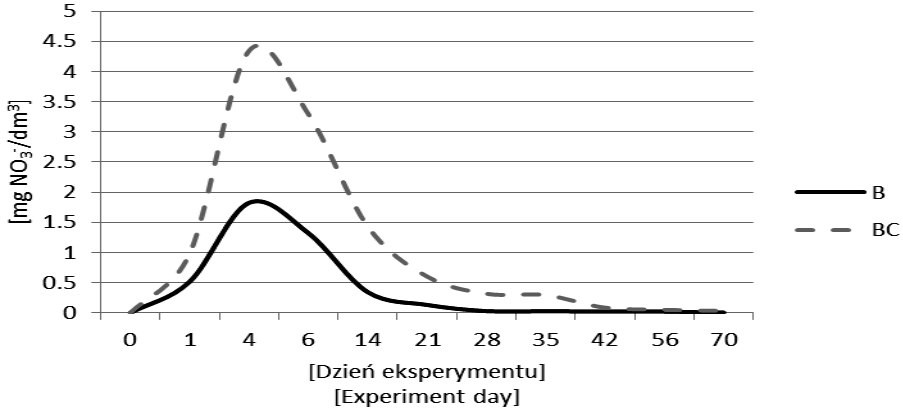
Stężenia azotu amonowego (rys. 6) w eluacie serii kontrolnej zanotowano na niewielkim poziomie, jednak eluat serii BC był znacznie bardziej obciążony jonami amonowymi, które w 4 dniu eksperymentu przekroczyło 8 mg/dm3. Maksimum stężeń spodziewano się w szóstym dniu ponieważ w eksperymencie wymywania długofalowego w wodzie, jony amonowe wytworzone z kolagenu zanotowano już w 4 dniu. Eksperyment prowadzony w glebie zawierającej mniej wody otaczającej nawóz oraz brak mieszania powinien opóźnić rozkład kolagenu, jednak zjawiska takiego nie zaobserwowano [Ciesielczuk i in. 2016]. Bardzo wysoką emisję jonów amonowych zanotowano w testach nawozów o kontrolowanym uwalnianiu składników Osmocote Plus 10-11-18, o czasie działania 5-6 miesięcy. W pierwszych trzech miesiącach zanotowano stężenia 350-450 mg/dm^3 podłoża, co stwarza zagrożenie wystąpienia suszy fizjologicznej oraz zaburzenie pobierania innych składników pokarmowych [Golcz i Komosa 2006].



bawełna kontrolna (B), nasycona kolagenem (BC) / *control cotton (B), saturated with collagen (BC)*

Rys. 6. Stężenie azotu amonowego w odciekach uzyskanych w czasie eksperymentu
Fig. 6. *Concentration of ammonium nitrogen in leachates obtained during the experiment*

Stężenia azotu azotanowego, podobnie jak amonowego osiągnęły maksimum stężeń w 4 dniu eksperymentu (rys. 7) zarówno w serii B jak i eksperymentalnej (BC). Były one niższe od stężeń azotu amonowego co wskazuje na przewagę przemian beztlenowych zachodzących na powierzchni kolagenu. W eksperymencie długofalowego wymywania prowadzonego w wodzie, maksima stężeń tych jonów obserwowano już w pierwszym dniu (po 24 h od rozpoczęcia), jednak prawdopodobnie związane to było ze zużyciem tlenu rozpuszczonego w wodzie oraz ciągłego mieszania [Ciesielczuk i in. 2016]. Większe ilości azotanów uwalniane z nawozów organicznych notowane są także w przypadku większej sumy opadów, co potwierdza zjawisko wolniejszego wymycia w eksperymencie, gdzie podlewanie prowadzono okresowo [Maeda i in. 2003]. Cykl życia produktu uwzględniający finalne wytworzenie nawozu z odpadu może mieć znaczący wpływ na zredukowanie śladu węglowego rynku nawozowego w przypadku opracowania technologii wykorzystujących odpady zamiast surowców pierwotnych [Smol i in. 2020].



bawełna kontrolna (B), nasycona kolagenem (BC) / *bawełna kontrolna (B), nasycona kolagenem (BC)*

Rys. 7. Stężenie azotu azotanowego w odciekach uzyskanych w czasie eksperymentu
Fig. 7. *Concentration of nitrate nitrogen in leachates obtained during the experiment*

Uzyskane wyniki stężeń wskazują na możliwość zastosowania testowanego materiału jako nawozu o spowolnionym uwalnianiu składników, co z jednej strony może zapobiegać stratom azotu w uprawach ogrodniczych, a z drugiej chronić przez zanieczyszczeniem wód podziemnych [Singh i in. 2017].

IV. PODSUMOWANIE

Azot zawarty w kolagenie został uwolniony w ciągu 42 dni do roztworu glebowego. Maksimum stężeń przypadło na okres 4-6 dnia po aplikacji. Wydłużenie czasu działania nawozu można zrealizować poprzez nawadnianie podsiąkowe. Dodatkową zaletą uzyskanego materiału jest naturalna pojemność wodna bawełny, co jest istotne z punktu widzenia gromadzenia wody w glebach lekkich. Zastosowana modyfikacja odpadowej tkaniny bawełnianej daje możliwość zagospodarowania odpadów tekstylnych jako nośnika nawozu /lub komponent podłoża, co pozwoli na zmniejszenie masy odpadów bawełnianych kierowanych do spalania, a tym samym retardację antropopresji przemysłu tekstylnego.

BIBLIOGRAFIA

1. Abbas T., Nawab B., Nazli R., Saleem R., Lal A., Jamil K. 2013. Efficacy of cotton waste compost and fertinemakil fertilizer on the growth parameter of sunflower plants. Pakistan J. Agric. Res. Vol. 26(1). 54-58.
2. Chen H., Li Y., Dai H., Chen L., Ding X., Hu Z. 2023. Collagen hydrolyzed extract derived from leather waste as a multifunctional additive for the preparation of granular fertilizer. Sustainable Chemistry and Pharmacy 36. 101327. https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101327.
3. Ciesielczuk T., Rosik-Dulewska Cz., Szewczyk A., Poluszyńska J. 2016. Dynamika uwalniania azotu z nawozów o powolnym działaniu w eksperymencie laboratoryjnym. Rocznik Ochrona Środowiska. 18. 506-517.
4. Ciesielczuk T., Poluszyńska J., Szewczyk A., Rosik-Dulewska Cz., Sporek M. 2018. Dynamic of Components Leachate from Experimental Fertilizers in Leaching Test. Journal of Ecological Engineering. Vol. 19. https://doi.org/10.12911/22998993/82801.

5. Golcz A., Komosa A. 2006. Uwalnianie się azotu, fosforu i potasu z nawozu wolnodziałającego osmocote plus w uprawie papryki (*Capsicum annuum* L.). Acta Agrophysica. 7(3). 567-576.
6. Hossain Z. von Fragstein und Niemsdorff P., Heβ J. 2016. Plant Origin Wastes as Soil Conditioner and Organic Fertilizer: A Review. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 16 (7). 1362-1371 DOI:10.5829/idosi.aejaes.2016.16.7.12961.
7. Maeda M., Zhao B., Ozaki Y., Yoneyama T. 2003. Nitrate leaching in an Andisol treated with different types of fertilizers. Environmental Pollution. 121. 477-487. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00233-6.
8. Maiti R. 2023. Fast Fashion: Its Detrimental Effect on the Environment [wwwDocument]. Earth.Org. URL https://earth.org/fast-fashions-detrimental-effect-on-the-environment/ (accessed 12.27.23).
9. Niinimäki K., Peters G., Dahlbo H., Perry P., Rissanen T., Gwilt A. 2020. The environmental price of fast fashion. Nat. Rev. Earth Environ. 1. 189-200. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9.
10. Patel H., Mangukiya H., Maiti P., Maiti S. 2021. Empty cotton boll crop-residue and plastic waste valorization to bio-oil, potassic fertilizer and activated carbon – A bio-refinery model. Journal of Cleaner Production. 290. 125738. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125738.
11. Rukhaya S., Yadav S., Rose N.M., Grover A., Bisht D. 2021. Sustainable approach to counter the environmental impact of fast fashion. The Pharma Innovation Journal SP. 10(8). 517-523.
12. Singh R.P., Kumar S., Sainger M., Sainger P.A., Barnawal D. 2017. Eco-friendly Nitrogen Fertilizers for Sustainable Agriculture. In: Rakshit A., Abhilash P., Singh H., Ghosh S. (eds). Adaptive Soil Management: From Theory to Practices. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3638-5_11.
13. Tripolskaja L., Verbylienė I. 2014. The effect of different forms of nitrogen fertilizers on nitrogen leaching. Zemdirbyste-Agriculture. 101. 243-248. https://doi.org/10.13080/z-a.2014.101.031.
14. Wierzbińska M. 2023. Deodorisation of Industrial Gases Using a Biofiltration. Plant. J. Ecol. Eng. 24. 47-56. https://doi.org/10.12911/22998993/169996.
15. Smol M., Kulczycka J., Lelek Ł., Gorazda K., Wzorek Z.2020. Life Cycle Assessment (LCA) of the integrated technology for the phosphorus recovery from sewage sludge ash (SSA) and fertilizers production. Archives of Environmental Protection. 46. No 2. 42-52 DOI:10.24425/aep.2020.133473.

WASTE FROM THE TEXTILE INDUSTRY AS A NITROGEN CARRIER ORGANIC FOR THE HORTICULTURE SECTOR

Summary

The fast fashion phenomenon generates significant amounts of textile waste every year. Only in Europe it is 12.6 million Mg, of which oak trees and footwear account for 5.2 million Mg. One way to manage them is material recycling, where new fabric will be created in the processes of fiberising, spinning and weaving, but the share of waste

processed in this way is 1% of the mass. Another method is development aimed at improving the properties of soil by using physically and chemically modified waste and using it as a soil improver. The study examined the possibility of using waste cotton fabric as a carrier of an organic nitrogen fertilizer with a sustainable effect. Scraps of waste cotton fabric with a grammage of 408 g/m2 were saturated with hot collagen solution, which after drying constituted 1/3 of the weight of the samples. The scraps prepared in this way were used as fertilizer for light soil with a granulometric composition of clay sand. Rinsing with rainwater at a temperature of 20ºC was used. The nitrogen contained in the collagen was released into the soil solution within 42 days, with the maximum concentration occurring 4-6 days after application. An additional advantage of the obtained material is the natural water capacity of cotton, which is important from the point of view of collecting water in light soils. At the same time, slow degradation of the cotton fabric was observed, which broke into fragments after 3 months of incubation. The applied modification of waste cotton fabric makes it possible to use textile waste as a fertilizer carrier, which will reduce the weight of cotton waste sent for incineration or landfilled.

Keywords: textile industry, waste cotton, organic nitrogen, retardation

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 69-74. rok 2024

ZBIGNIEW W. CZERNIAKOWSKI

Zakład Agroekologii i Użytkowania Lasu, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, e-mail: *zczerniakowski@ur.edu.pl*

LAS MIYAWAKI JAKO SPOSÓB RETARDACJI ZMIAN SPOWODOWANYCH NADMIERNĄ URBANIZACJĄ

Intensywnie rozbudowujące się miasta są miejscem, w którym często napotykamy tereny o silnie zdegradowanych glebach. Założenie w takich miejscach terenów zieleni sprawia zwykle sporo kłopotów. Alternatywnym rozwiązaniem może być oddanie ich we władanie tak zwanej czwartej przyrody. Jeszcze ciekawszym pomysłem, z ekologicznego punktu widzenia, może być las kieszonkowy, nasadzenie zaproponowane przez japońskiego botanika Akira Miyawakiego. Wprawdzie początkowe etapy zalesienia są dość kosztowne i pracochłonne, szybko jednak możemy osiągnąć teren o znacznej ekofunkcjonalności. Powierzchnia lasu kieszonkowego może mieć zaledwie kilka m^2 i wyśmienicie daje się wkomponować w krajobraz miasta. Jest znakomitym przykładem na próbę retardacji niekorzystnych zmian powodowanych przez nadmierną urbanizację.

Słowa kluczowe: las kieszonkowy, sukcesja, korzyści ekofunkcjonalne, retardacja

I. WSTĘP

Już w końcu XVIII wieku zauważono, że gwałtowna, często niekontrolowana urbanizacja oraz industrializacja (w dobie rewolucji przemysłowej), w znacznym stopniu pogarsza warunki życia mieszkańców miast. Stąd stosunkowo wcześnie pojawiły się nowe idee urbanistyczne, z których najbardziej znane są koncepcje Loudona [1829] i Howarda [1902]. Zwłaszcza ta ostatnia stała się inspiracją do tworzenia tak zwanych miast ogrodów, które miały być remedium na zachodzące niekorzystne zmiany w środowisku bytowania mieszkańców miast. Wszystkie te propozycje dotyczyły jednak nowo zakładanych osiedli na terenach o stosunkowo wysokim potencjale biologicznym. Przez długi czas problemem pozostawały natomiast tereny poprzemysłowe, już zdegradowane.

Celem artykułu jest zaprezentowanie lasu kieszonkowego – idei nasadzenia o często bardzo małej powierzchni (stąd nazwa), ale znacznej ekofunkcjonalności (opisanego i wypraktykowanego przez japońskiego botanika Akira Miyawakiego) jako przykładu na retardację niekorzystnych zmian powodowanych przez nadmierną urbanizację.

II. MATERIAŁ I METODY

W poszukiwaniu materiałów do pracy dokonano kwerendy zasobów internetu (przykłady realizacji zalesień metodą Miyawakiego) oraz literatury dostępnej w bazach Elsevier, Google Scholar i Scopus, uwzględniając zarówno prace oryginalne, jak i przeglądowe. Zwrócono

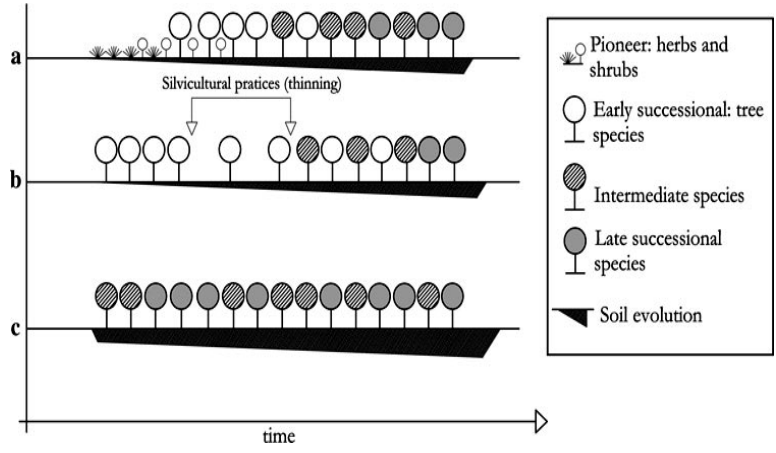
DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.6

szczególną uwagę na najnowsze piśmiennictwo, tj. opublikowane w ostatnim dwudziestoleciu. Przeprowadzono także wizytę studyjną w niedawno założonym (2021 – projekt Kaspra Jakubowskiego) lesie kieszonkowym w Krakowie – Zabłociu (w pobliżu Składu Solnego).

III. WYNIKI

Ekologia twórcza

Pamiętając o tym, że lasy zawierające stare drzewa są niezbędnymi ekosystemami dla życia na Ziemi [Gilhen-Baker i in. 2022] zauważyć wypada, że wśród wielu działań jakie powinniśmy podjąć mając na celu retardację niekorzystnych zmian w środowisku, silnie zurbanizowanym, wymienia się zakładania lasów miejskich [Capotorti i in. 2017]. Lasy takie, przy poszanowaniu przy ich projektowaniu zasad agroekologii, psychologii środowiskowej i architektury krajobrazu mogą skutecznie włączyć się w metabolizm miasta [Taylor i Taylor Lovell 2021]. Problemem jest jednak długi okres czasu potrzebny do osiągnięcia pełnych zdolności ekosystemowych w przypadku tradycyjnych nasadzeń. W tym kontekście na szczególną uwagę zasługuje idea Akira Miyawakiego, zakładania lasów kieszonkowych. Sam twórca tej metody nazwał ją ekologią twórczą [Miyawaki 1999]. Na podstawie wieloletnich obserwacji stwierdził, że metoda ta pozwala osiągnąć korzyści ekofunkcjonalne znacznie szybciej niż w przypadku zalesień tradycyjnych [Miyawaki 2011]. Fakt ten potwierdzają badania przeprowadzone w warunkach europejskich (ryc. 1) przez Schirone i in. [2011].



Rys. 1. Kolejne etapy sukcesji, jakie miałyby miejsce w warunkach naturalnych (a), przyjęcia tradycyjnych metod ponownego zalesiania (b) i zalesienia metodą Miyawakiego (c) Źródło: [Schirone i in. 2011]

***Fig. 1**. Successional stages as would follow in natural conditions (a), adopting traditional reforestation methods (b) and afforestation using the Miyawaki method (c) Source: [Schirone et al. 2011]*

Na rys. 1 przedstawiono różnice w tempie sukcesji w przypadku stanowisk naturalnych, lasów zakładanych metodą tradycyjną i metodą Miyawakiego. Warto zwrócić także uwagę na znaczne przyspieszenie procesów glebotwórczych w lasach kieszonkowych.

Lasy Miyawaki – zalety

Akira Miyawaki szacuje, że lasy tworzone jego metodą rosną 10 razy szybciej niż standardowe, a przy tym są 30 razy gęstsze i 100 razy bardziej bioróżnorodne [Miyawaki 1999, 2004]. Lasy Mijawakiego zapewniają podobne korzyści ekologiczne, społeczne i środowiskowe jak rozległe kompleksy leśne. W kontekście zmieniającego się klimatu i towarzyszącym temu zjawisku przemiennie występującym okresom suszy i ulewnych deszczy, na szczególną uwagę zasługuje ich wysoka zdolność retencji wody. Na terenie miast dodatkowo będą wpływać na łagodzenie wysp ciepła. Interesującą cechą tego typu nasadzeń jest to, że są one znacznie łatwiejsze w pielęgnacji niż standardowe lasy. Zwykle wymagają zabiegów pielęgnacyjnych jedynie przez pierwsze 2-3 lata po posadzeniu. Już po kilku latach stają się praktycznie samowystarczalne i nie ma potrzeby ingerowania w zachodzące w nich procesy. Kolejną zaletą tego typu lasów jest ich bogactwo gatunkowe. Las kieszonkowy jest złożony z nawet kilkudziesięciu (20-40) gatunków drzew i krzewów. Gęsto sadzone drzewa zapewniają schronienie i pokarm dla ptaków, owadów i ssaków, dzięki czemu sprzyjają zachowaniu bioróżnorodności. Przyspieszają także procesy glebotwórcze, są więc szczególnie przydatne w miejscach gdzie gleba została w dużym stopniu zdegradowana w wyniku działalności człowieka. Dodatkowo lasy Miyawaki nie potrzebują wiele miejsca do swego rozwoju – mogą być zakładane nawet na terenach o powierzchni 3 m^2 (stąd używana często nazwa las kieszonkowy). Konkurencja między gęsto sadzonymi drzewami o dostęp do światła powoduje ich szybki wzrost ku górze. Najszybciej rosnące drzewa wypierają słabsze i powodują naturalne przerzedzanie się lasu. Na koniec trzeba zauważyć, że w sadzenie lasu kieszonkowego często zaangażowana jest lokalna społeczność – co sprzyja integracji mieszkańców i pogłębieniu wiedzy o problemach środowiska w wymiarze lokalnym i globalnym.

Etapy zakładania lasu kieszonkowego

Zakładanie lasu kieszonkowego metodą Miyawakiego obejmuje cztery równoważne etapy:
Etap I to identyfikacja rodzimych gatunków. Początkowo Miyawaki postulował konieczność przeprowadzania badań fitosocjologicznych w terenie gdzie ma być założony las. Po latach doszedł jednak do wniosku, że wystarczy odwzorowanie naturalnych zespołów roślinnych typowych dla danego terenu. Ideałem byłoby wyhodowanie własnych sadzonek z zebranych w tym terenie nasion.
Etap II to przygotowanie podłoża dla roślin. Jest to etap wymagający zaangażowania znacznych sił i środków, co może być postrzegane jako wada metody. Przygotowanie to jest jednak niezwykle ważne, zwłaszcza na terenach poprzemysłowych i miejskich (tam gdzie gleba jest zdegradowana), a przecież tam właśnie metoda Miyawakiego jest dedykowana. W takich miejscach niezbędne zwykle jest zwiększenie żyzności podłoża choćby przez dodanie kompostu. W wielu miejscach koszty mogą być zmniejszone przez wykorzystanie kompostu z kompostowni miejskich.
Etap III to sadzenie. Sadzonki drzew i krzewów sadzi się w niespotykanej gdzie indziej gęstości 3-4 na m^2. Przykładowo w Krakowie na Zabłociu posadzono ponad 1600 drzew i krzewów z 30 rodzimych gatunków (między innymi dęby, klony, wiązy, graby, dzikie grusze i jabłonie, wierzby, leszczyny, cisy, sosny) na powierzchni zaledwie 500 m^2 (rys. 2).

Na zakończenie w etapie IV należy dokładnie pomiędzy sadzonkami rozłożyć ściółkę. To kolejny dość pracochłonny i kosztowny zabieg, ale niezbędny dla powodzenia przedsięwzięcia. Ściółkowanie (rys. 3), jak to wiemy doskonale z praktyki ogrodniczej,

pozwala zatrzymać optymalne uwilgotnienie podłoża i nie dopuszcza do nadmiernego zachwaszczenia zagrażającego w początkowym okresie rozwojowi sadzonek.

Fot. Zbigniew Czerniakowski

Rys. 2. Las kieszonkowy założony w krakowskiej dzielnicy Zabłocie
***Fig. 2**. A pocket forest established in the Zabłocie district of Krakow*

Fot. Zbigniew Czerniakowski

Rys. 3. Ściółkowanie terenu i pozostawienie martwego drewna wzbogaca bioróżnorodność
***Fig. 3**. Mulching the area and leaving dead wood enriches biodiversity*

Lasy kieszonkowe zakładane są coraz częściej. Najlepiej by decyzja o ich obecności w przestrzeni miasta czy konkretnego osiedla była wynikiem partycypacyjnego poszukiwania poprawy warunków do życia przez konkretnych ludzi. Przy odpowiedniej edukacji i informacji (rys. 4), zalety funkcjonowania lasu zakładanego metodą Miyawakiego będą przeważać nad uciążliwościami pierwszych etapów jego tworzenia i kolejne przestrzenie miejskie zostaną wzbogacone w liczne korzyści ekologiczne, społeczne i środowiskowe.

Rys. 4. Wizualizacja lasu kieszonkowego na Podwalu we Wrocławiu (źródło: *www.wroclaw.pl/zielony-wroclaw/*)
Fig. *4. Visualization of the pocket forest in Podwale in Wrocław (source: www.wroclaw.pl/zielony-wroclaw/)*

IV. PODSUMOWANIE

Lasy Miyawakiego są ciekawą propozycją zwiększenia ekofunkcjonalności środowiska miejskiego. Mogą one być w szczególny sposób polecane na tereny poprzemysłowe i o znacznym stopniu degradacji gleby. Szybko osiągane korzyści, w sposób zdecydowany pozwalają zredukować znaczny koszt założenia lasu kieszonkowego. Wadą, na którą zwracają uwagę mieszkańcy jest stosunkowo mała estetyka lasu w początkowym okresie sukcesji. Rozwiązaniem tego problemu może być odpowiednia informacja przekazana społeczeństwu o celu, zaletach i przyszłym wyglądzie terenu, jak miało to miejsce na przykład we Wrocławiu.

BIBLIOGRAFIA

1. Capotorti G., Del Vico E., Anzellotti I., Celesti-Grapow L. 2017. Combining the Conservation of Biodiversity with the Provision of Ecosystem Services in Urban Green Infrastructure Planning: Critical Features Arising from a Case Study in the Metropolitan Area of Rome. Sustainability. 9. 10. doi:10.3390/su9010010.
2. Gilhen‐Baker M., Roviello V., Beresford‐Kroeger D., Roviello G. N. 2022. Old growth forests and large old trees as critical organisms connecting ecosystems and human health. A review. Environmental Chemistry Letters. doi:/10.1007/s10311-021-01372-y.
3. Howard E. 1902. Garden Cities of To-Morrow. The Massachusetts Institute of Technology. Cambridge. 168.
4. Loudon J.C. 1829. Hints for Breathing Places for the Metropolis, and for Country Towns and Villages, on fixed Principles. The Gardener's Magazine and Register of Rural & Domestic Improvement. Vol. 5. Nr 23. 686-690.
5. Miyawaki A. 1999. Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees. Plant Biotechnology. 16 (1). 15-25.
6. Miyawaki A. 2004. Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. Ecological Research. 19. 83-90.
7. Schirone B., Salis A., Vessella F. 2011. Effectiveness of the Miyawaki method in Mediterranean forest restoration programs. Landscape Ecol. Eng. 7. 81-92. doi: 10.1007/s11355-010-0117-0.

8. Taylor J. R., Taylor Lovell S. 2021. Designing multifunctional urban agroforestry with people in mind. Urban Agric Region Food Syst. 6:e20016. doi: /10.1002/uar2.20016.

MIYAWAKI FOREST AS A WAY TO RETARD CHANGES CAUSED BY EXCESSIVE URBANIZATION

Summary

Intensively expanding cities are places where we often encounter areas with heavily degraded soils. Establishing green areas in such places usually causes a lot of trouble. An alternative solution may be to give them over to the so-called fourth nature. An even more interesting idea, from an ecological point of view, may be a pocket forest, a planting proposed by Japanese botanist Akira Miyawaki. Although the initial stages of afforestation are quite expensive and laborious, we can quickly achieve an area with significant eco-functionality. The area of a pocket forest can be just a few m^2 *and can be perfectly integrated into the city landscape. It is an excellent example of the retardation of unfavorable changes caused by excessive urbanization.*

Keywords: *pocket forest, succession, eco-functional benefits, retardation*

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 75-84. rok 2024

MAŁGORZATA DŻUGAN, MICHAŁ MIŁEK, MONIKA TOMCZYK

Zakład Chemii i Toksykologii Żywności, Instytut Technologii Żywności i Żywienia, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 1a, 35-601 Rzeszów, *mdzugan@ur.edu.pl*

GOSPODARCZE I ŚRODOWISKOWE ZNACZENIE PSZCZOŁY MIODNEJ

Pszczoła miodna Apis mellifera jest najważniejszym udomowionym owadem zapylającym, pełniącym kluczową rolę w całym systemie ekologicznym. Zapylanie roślin pozwala na zachowanie różnorodności biologicznej, ale przede wszystkim umożliwia produkcję w wielu sektorach rolnictwa. Jako jedyny owad, pszczoła dostarcza człowiekowi wysokiej jakości żywności, tj. miód, mleczko pszczele i pyłek, wosk, propolis i jad pszczeli, które oprócz walorów odżywczych korzystnie wpływają na kondycję organizmu. Leczenie i profilaktyka chorób z wykorzystaniem produktów pszczelich (apiterapia) zyskuje coraz większą popularność, co sprawia, że pszczelarstwo może stanowić ważne źródło dochodu na obszarach wiejskich. Jednak trzeba podkreślić, że pszczoły A. mellifera, tak jak inne zapylacze, są coraz bardziej zagrożone działalnością człowieka a ochrona tych pożytecznych owadów to zapewnienie zrównoważonej przyszłości dla ekosystemów oraz odnawiania zasobów naturalnych. W artykule dokonano przeglądu aktualnego piśmiennictwa dotyczącego znaczenia pszczół dla środowiska i człowieka, zwracając głównie uwagę na zapewnienie bioróżnorodności ekosystemów, produkcję żywności i ochronę zdrowia ludzi.

Słowa kluczowe: *Apis mellifera*, zapylacze, bioróżnorodność, produkty pszczele, apiterapia, biomonitoring, retardacja

I. WSTĘP

Wśród zwierząt udomowionych przez człowieka pszczoły zajmują szczególne miejsce. Szacuje się, że na całym świecie jest ich około 20 000 gatunków, z czego w Polsce odnotowano występowanie około 470 gatunków [Banaszak 2004]. Jedynym gatunkiem hodowanym na szeroką skalę jest pszczoła miodna (*Apis mellifera L.*). Pszczelarstwo, a historycznie bartnictwo, jest od dawna ważnym sektorem polskiej gospodarki rolnej, mającym udział nie tylko w dostarczaniu produktów spożywczych wytwarzanych przez pszczoły, ale przede wszystkim istotnie wpływającym na inne sektory rolnictwa poprzez zapewnienie zapylania roślin uprawnych. W ostatnim czasie pszczelarstwo w Polsce przeżywa rozkwit, dane z 2023 roku wskazują, że w całym kraju utrzymywano 2,35 mln rodzin pszczelich (zarejestrowanych w Inspekcji Weterynaryjnej), przy czym w stosunku do roku poprzedniego odnotowano wzrost o 7,95% [Semkiw 2023]. W zależności od regionu kraju napszczelenie (wyrażone jako liczba rodzin pszczelich na km^2) jest zróżnicowane – od 3,6 rodz./km^2 na Podlasiu do 13,9 rodz./km^2 w Małopolsce. Województwo podkarpackie z liczbą 12,2 rodz./km^2 znajduje się na drugim miejscu [Semkiw 2023].

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.7

Pszczoły miodne tworzą społeczność zwaną rodziną pszczelą, która składa się z osobników dorosłych: pszczół robotnic (od kilku do kilkudziesięciu tysięcy), jednej matki pszczelej i występujących sezonowo trutni. Czerw (różne stadia rozwojowe: jaja, larwy i poczwarki), występuje w ulu od wczesnej wiosny do późnej jesieni [Wilde 2024]. Rodzina pszczela dostarcza produktów pozyskiwanych przez człowieka i stosowanych jako składniki żywności, a także surowce farmaceutyczne i kosmetyczne, co jest nie mniej istotne od roli pszczół w ekosystemie [Kędzia i Hołderna-Kedzia 2020].

W obliczu wielu zagrożeń dla dzikich zapylaczy, a także udomowionych pszczół ważnym aspektem są działania ochronne, pozwalające na zachowanie bioróżnorodności roślin zapylanych przez owady. Istotne są akcje informacyjne i konkretne działania w rolnictwie i ochronie środowiska. Takie działania mają znaczenie dla retardacji niekorzystnych zmian w ekosystemach skutkujących spadkiem bioróżnorodności i liczebności pszczół.

Celem pracy było zebranie i usystematyzowanie wiedzy na temat roli pszczoły miodnej w ekosystemach oraz gospodarce. Zaznaczono także działania niezbędne dla ratowania bioróżnorodności pszczół.

II. MATERIAŁY I METODY

Dokonano przeglądu dostępnej literatury, a następnie podsumowano informacje dotyczące gospodarczego i środowiskowego znaczenia pszczoły miodnej, ze szczególnym uwzględnieniem badań własnych nad wykorzystaniem produktów pszczelich w biomonitoringu środowiska oraz profilaktyce i leczeniu chorób.

III. PSZCZOŁA MIODNA JAKO ZAPYLACZ

Świat roślin jest nieodłącznie powiązany i zależny od świata owadów. Z jednej strony owady korzystają z organów roślinnych a także pyłku i nektaru jako źródła pożywienia, z drugiej - wegetacja wielu roślin jest ściśle uzależniona od owadów. Wśród mechanizmów zapobiegających samozapyleniu kluczową rolę odgrywa owadopylność roślin [Kołtowski 2008]. Wśród sześciu znanych typów czynników zapylających (owady, ptaki, wiatr, grawitacja, woda i ssaki) owady odgrywają obecnie zdecydowanie najważniejszą rolę w zapylaniu [Alemberhe i Gebremeskel 2016]. Uważa się, że odpowiadają one za 80-85% globalnego zapylania, przy czym udział pszczół miodnych wynosi 75-80% [Kołtowski 2008, Alemberhe i Gebremeskel 2016]. Szacuje się, że wśród roślin stanowiących rodzimą florę polski aż 78% to gatunki owadopylne, a tylko 22% jest zapylana przy udziale wiatru [Kołtowski 2008].

Pszczoły miodne są uważane za bardzo ważne zapylacze ze względu na ich skuteczność i rozpowszechnienie. Wzajemna relacja między roślinami i pszczołami miodnymi opiera się na wymianie nektaru i pyłku. Rośliny wydzielają z nektarników bogaty w cukier nektar, który przyciąga zapylacze do kwiatów, dzięki czemu pyłek może przykleić się do ciała pszczoły i jest przenoszony na słupek następnego kwiatu [Khalifa i in. 2021]. Wśród zalet pszczół jako zapylaczy, obok ich odpowiedniej budowy morfologicznej, istotny jest fakt życia w zorganizowanym społeczeństwie rodziny pszczelej i gromadnego zimowania. Jest to szczególnie ważne dla zapylania licznych gatunków roślin kwitnących wczesną wiosną. Co więcej, pszczoły hodowane w ulach mogą być w łatwy sposób przewożone w pobliże dużych upraw kwitnących w danym czasie [Kołtowski 2008].

Zapylanie upraw to ostatnia szansa na zwiększenie plonów. Wszystkie środki stosowane po zapylaniu (regulatory wzrostu, herbicydy, fungicydy lub insektycydy) są przeznaczone nie do zwiększania plonów, ale do zapobiegania stratom plonów. Ze względu na korzyści związane z optymalizacją plonów, zapylanie przez pszczoły może odgrywać ważną rolę w utrzymaniu

zrównoważonego i dochodowego rolnictwa przy minimalnym zakłócaniu równowagi środowiskowej [Thakur 2012].

Wśród roślin uprawnych są takie, których plon jest całkowicie lub prawie całkowicie zależny od owadów. Są to m.in. gryka, lucerna, koniczyna, owoce jagodowe, owoce sadownicze, słonecznik i warzywa. Do roślin częściowo samopylnych, w przypadku których zapylanie przez pszczoły może zwiększyć plon, należą gorczyca, groch siewny, len, mak, proso, rzepak, rzepik, soja oraz wyka ozima [Boczek i Pruszyński 2015]. Znane są liczne przykłady znaczącego wzrostu plonu wybranych roślin uprawnych przy jednoczesnym zwiększeniu liczby rodzin pszczelich. Kilkuprocentowy wzrost plonów odnotowano m.in. w przypadku uprawy ogórków, żurawiny czy gruszek w USA, owoców cytrusowych, gujawy i kokosów w Indiach czy też cebuli w Egipcie [Potts i in. 2016, Khalifa i in. 2021]. Zapylanie upraw takich jak rzepak, gryka i truskawki jest zdominowane przesz pszczoły miodne, co poprawia nie tylko wydajność ale także jakość plonów [Khalifa i in. 2021]. W wymierny sposób o korzyściach z zapylania mówią dane ekonomiczne. Według cen rynkowych zapylanie przez owady zwiększa globalną produkcję upraw o dodatkowe 235-577 miliardów dolarów rocznie, przy czym największe korzyści ekonomiczne odnotowano w regionie Morza Śródziemnego, Azji Południowej i Wschodniej oraz w Europie [Potts i in. 2016, Khalifa i in. 2021]. W ostatnim czasie podkreśla się szczególnie rolę pszczoły jako zapylacza, eksperci twierdzą, że korzyści dla człowieka wynikające z zapylania roślin przez pszczoły są wielokrotnie wyższe (wg różnych danych 10-, 30-, a nawet 100-krotnie) niż te wynikające z pozyskiwania produktów pszczelich [Kołtowski 2008].

Pszczoły zapylają także inne rośliny, nie tylko uprawne. Zapylanie rodzimych gatunków roślin pozwala na utrzymanie i poprawę różnorodności biologicznej szaty roślinnej. Dzikie zbiorowiska roślinne a także uprawy mieszane („łąki kwietne') są chętnie odwiedzane przez pszczoły, ale też dzikie zapylacze. Z drugiej strony niekorzystne zmiany zachodzące w środowisku, związana z intensyfikacją rolnictwa utrata bioróżnorodności agroekosystemów wpływa na spadek populacji owadów zapylających, ze szczególnym uwzględnieniem pszczoły miodnej [Radzikowski 2018]. Środowisko rolnicze dostarcza pszczołom niewiele atrakcyjnych pożytków, coraz większy udział w strukturze zasiewów stanowią zboża a skuteczne zwalczanie roślin segetalnych ogranicza bazę pokarmową zapylaczy. Równocześnie, zwiększone zużycie nawozów mineralnych i szkodliwych dla pszczół środków ochrony roślin stanowi zagrożenie dla ich zdrowia i przeżywalności [Bąk-Badowska i in. 2021].

IV. PSZCZOŁA MIODNA W MONITORINGU ŚRODOWISKOWYM

Owady, a wśród nich pszczoła miodna (*A. mellifera*), są jednym z najbardziej znanych materiałów biologicznych wykorzystywanych w biomonitoringu środowiskowym, m. in. w bioindykacji metali ciężkich, pestycydów czy mikroplastików [Al Naggr i in. 2013, Burden i in. 2019, Edo i in. 2021]. Atrakcyjność pszczół jako ekologicznego biomarkera zależy od kilku właściwości, tj. duży obszar bytowania (często latają na powierzchni o średnicy 2–3 km od pasieki także w miejscach trudno dostępnych dla ludzi), wysoki wskaźnik reprodukcji, bliski kontakt z otaczającym środowiskiem (rośliny, powietrze, woda, gleba, rośliny) oraz wrażliwość na substancje toksyczne [Cunningham i in. 2022]. Ze względu na bezpośredni wpływ pszczół na skład chemiczny produktów pszczelich wykazano, że ocena narażenia pszczół na zanieczyszczenia środowiskowe może być oparta zarówno na analizie pozostałości w ciałach pszczół i/lub w produktach pszczelich.

W badaniach własnych wykazano, że organizm pszczoły działa jako biofiltr zapewniający efektywną barierę dla migracji metali ciężkich ze środowiska do miodu, dzięki czemu jest on bezpieczny dla konsumentów [Dżugan i in. 2018]. Potwierdzono także, że lokalizacja pasieki

na terenie czystym ekologicznie ogranicza stopień skażenia miodu, a migracja metali ciężkich, szczególnie kadmu, w łańcuchu pokarmowym gleba-roślina-pszczoła-miód rośnie w glebach kwaśnych ($p<0,05$) [Tomczyk i in. 2020].

V. PSZCZOŁA MIODNA JAKO PRODUCENT ŻYWNOŚCI FUNKCJONALNEJ

Hodowla pszczół jest kojarzona przede wszystkim z pozyskiwaniem miodu i innych produktów, takich jak propolis, pyłek pszczeli, pierzga, mleczko pszczele czy wosk. Pszczoła miodna, jako jedyny owad, dostarcza człowiekowi wysokiej jakości żywności o walorach prozdrowotnych. Miód, który jest podstawowym pożywieniem dla rodziny pszczelej, jest pozyskiwany przez człowieka już od najdawniejszych czasów. Podbieranie miodu dzikim pszczołom zaczęto co najmniej 8000 lat temu, natomiast początki hodowli pszczoły miodnej datuje się na 2600-2500 lat przed Chrystusem [Hirpara i in. 2023]. Pod względem chemicznym miód jest przesyconym roztworem cukrów (głównie glukozy i fruktozy), które stanowią nawet do 95% suchej masy [Bogdanov 2011]. Wśród pozostałych składników wymienić należy wodę (do 20%), składniki mineralne, białka i aminokwasy, polifenole i substancje lotne [Bogdanov 2011, Dżugan i in. 2020]. Miód można zaliczyć do żywności funkcjonalnej, która oprócz właściwości odżywczych, wykazuje korzystne właściwości prozdrowotne. Liczne badania potwierdziły m.in. działanie antyoksydacyjne, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwzapalne, immunomodulacyjne, przeciwnowotworowe, hepato- i gastroprotekcyjne, a także efekt prebiotyczny i probiotyczny miodu [Bogdanov 2016, Dżugan i in. 2020, Hirpara i in. 2023]. Miód jest unikalnym nieprzetworzonym produktem spożywczym o wyjątkowej trwałości. Jako składnik jest stosowany w piekarnictwie, cukiernictwie, produkcji płatków śniadaniowych, produktów mlecznych, dressingów i sosów, lodów, napojów bezalkoholowych i alkoholowych, oraz wielu produktów konserwowanych [Hirpara i in. 2023]. Miód ma duże znaczenie w żywieniu człowieka, również w tak specyficznych obszarach jak żywienie dzieci, sportowców, osób cierpiących na różne schorzenia [Bogdanov 2016].

Innym produktem pozyskiwanym z hodowli pszczół jest pyłek pszczeli. Pszczoły wykorzystują pyłek roślin jako źródło białka dla rodziny. Zbierane pyłki są przynoszone do gniazda w postaci tzw. obnóży, które mogą być również pozyskiwane przez pszczelarza przy pomocy specjalnych poławiaczy [Miłek i Dżugan 2023]. W zależności od pochodzenia botanicznego i warunków klimatycznych pyłek pszczeli zawiera od 10 do 40% białka w suchej masie, ponadto zawiera szereg wolnych aminokwasów. Węglowodany stanowią przynajmniej 40% suchej masy pyłku. Ponadto, obnóża są źródłem błonnika pokarmowego oraz lipidów [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, El Ghouizi i in. 2023]. Wśród związków małocząsteczkowych wymienić należy składniki mineralne, witaminy, karotenoidy i polifenole [Kędzia i Hołderna-Kędzia, 2020, Miłek i Dżugan 2023, El Ghouizi i in. 2023]. Pyłek pszczeli wykazuje szereg korzystnych właściwości biologicznych, m.in. jest źródłem antyoksydantów, działa przeciwcukrzycowo, ochronnie względem wątroby i nerek, przeciwzapalnie [El Ghouizi i in. 2023]. Z tego powodu można go także zaliczyć do kategorii żywności funkcjonalnej. Fermentowaną postacią pyłku pszczelego jest pierzga, które cechuje się zwiększoną biodostępnością i także ma znaczące miejsce w żywieniu człowieka [Miłek i Dżugan 2023].

Wśród innowacyjnych produktów funkcjonalnych należy wymienić miody z wartością dodaną, tj. produkty powstałe poprzez wzbogacenie miodu w inne produkty pszczele, zioła lub owoce lub też skoncentrowane ekstrakty roślinne. Wprowadzenie do miodu dodatku roślinnego, oprócz kształtowania korzystniejszych właściwości sensorycznych, tj. barwy, smaku czy zapachu, znacząco zwiększa jego bioaktywność [Miłek i in. 2023]. Wciąż trwają poszukiwania takich połączeń, które będą atrakcyjne dla konsumentów, a jednocześnie będą miały wyjątkowo

silne działanie prozdrowotne i będą mogły stanowić żywność funkcjonalną, włączoną do diety. Badania naukowe objęły miody z dodatkiem innych produktów pszczelich (propolisu, pyłku, pierzgi, mleczka pszczelego) [Juszczak i in. 2016, Kowalski i Makarewicz 2017, Habryka i in. 2023] a także różnego rodzaju owoców, ziół i przypraw [Štajner i in. 2014, Wilczyńska i in. 2017, Dżugan i in. 2017, Tomczyk i in. 2020, Miłek i in. 2021, Grabek-Lejko i in. 2022]. Szczególne interesujące jest kremowanie miodu z dodatkiem tzw. superowoców, co jak wykazano, przynosi efekt w postaci wielokrotnego wzmocnienia właściwości antyoksydacyjnych i przeciwdrobnoustrojowych produktu [Miłek i in. 2023].

VI. APITERAPIA

Produkty pszczele są przedmiotem niesłabnącego zainteresowania wielu osób, w tym lekarzy, a także licznych ośrodków naukowych na całym świecie. Już w starożytnym Egipcie, Grecji, Rzymie czy Chinach były wykorzystywane do celów leczniczych, zwalczania bólu i przyspieszania gojenia ran, a także poprawy kondycji całego organizmu [Cherbuliez 2013]. Obecnie znajdują wykorzystanie w naturalnej terapii wielu schorzeń, a to terapeutyczne podejście nosi nazwę apiterapii. Opiera się ona na stosowaniu w lecznictwie i profilaktyce chorób produktów pszczelich, tj. miód pszczeli, pyłek kwiatowy, pierzga i propolis, mleczko pszczele, jad pszczeli, wosk i powietrze ulowe, jak również produktu pozyskiwanego z żywych pszczół na określonym etapie ich rozwoju, tj. czerw trutowy [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Może obejmować stosowanie produktów pszczelich samodzielnie lub w połączeniu z roślinami leczniczymi i ich pochodnymi (apifitoterapia) [Dżugan i in. 2020]. Terapia może być stosowana niezależnie, bądź też jako połączenie produktów pszczelich z konwencjonalnymi lekami co zazwyczaj skutkuje podawaniem niższych dawek leków, takich jak antybiotyki, chemioterapia, leki przeciwzapalne i inne, osiągając skuteczność na poziomie samego leku, minimalizując jednocześnie skutki uboczne [Bernardino i in. 2018, Oliveira i in. 2019].

Apiterapia to rozwijająca się praktyka lekarska w wielu krajach na całym świecie, stosowana w łagodzeniu szerokiego spektrum chorób w tym nowotworów (piersi, jelita grubego, płuc, trzustki), astmy, chorób skóry, choroby Parkinsona i Alzheimera, układu sercowo-naczyniowego i pokarmowego i wielu innych [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Weis i in. 2022, Kafle i Joshi 2023]. Skuteczność apiterapii w Polsce jest jednak poparta głównie wieloletnim stosowaniem oraz nielicznymi badaniami *in vitro* i *in vivo*, badania kliniczne potwierdzające jej skuteczność dostępne są jedynie w literaturze zagranicznej. Z tego względu jest to wciąż dziedzina nauki, która w celu wdrożenia wymaga zintensyfikowania badań, a przez swoją swoistość i kosztowność jest w Polsce ograniczana [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Weis i in. 2022]. Dodatkową przeszkodę w stosowaniu produktów pszczelich w medycynie stanowi zmienność ich składu chemicznego uwarunkowana wieloma czynnikami tj. warunki atmosferyczne, położenie geograficzne, praktyka pszczelarska czy warunki środowiskowe panujące w miejscu bytowania pszczół [Tomczyk i in. 2019]. Aktualnie wciąż brakuje metod analitycznych umożliwiających ich właściwą standaryzację.

Spośród wszystkich dostępnych produktów pszczelich szczególne działanie farmakologiczne wykazują propolis i jad pszczeli (apitoksyna). Propolis jest stosowany przez pszczoły do sterylizacji środowiska w ulu, jednocześnie odgrywając ważną rolę w odporności społecznej pszczół [Miłek i in. 2022]. W badaniach *in vitro* potwierdzono, że propolis wykazuje szerokie spektrum właściwości szczególnie przeciwbakteryjne, antybiotyczne, przeciwwirusowe, antyseptyczne i przeciwzapalne przez co jest stosowany zwłaszcza w leczeniu zakażeń bakteryjnych, wirusowych oraz górnych i dolnych dróg oddechowych [Weis i in. 2022]. W badaniach własnych wykazano, że polski propolis

wykazuje właściwości antybakteryjne, zwłaszcza przeciwko szczepom bakterii Gram-dodatnich. Ponadto wybrane próbki polskiego propolisu były w stanie zahamować tworzenie biofilmu certyfikowanych szczepów *S. aureus* i *S. epidermidis*, co jest istotne w leczeniu rosnącej oporności na antybiotyki i zapobieganiu przewlekłym infekcjom. Po raz pierwszy za pomocą testu migracji komórek potwierdzono korzystny wpływ propolisu podkarpackiego na migrację i proliferację komórek raka piersi [Miłek i in. 2022].

Pszczoły produkują jad pszczeli stanowiący broń przed przeciwnikami, wstrzykując go za pomocą żądła w ciało rywala. W badaniach *in vitro* potwierdzono bakteriobójcze, wirusobójcze, przeciwzakrzepowe i cytostatyczne właściwości jadu pszczelego, w związku z czym wykorzystuje się go w profilaktyce i zwalczaniu chorób skóry, w chorobach układu sercowo-naczyniowego oraz w zapobieganiu powstawania guzów [Weis i in. 2022].

Jednym z najmniej przebadanych produktów pszczelich jest czerw trutowy długo uznawany za odpad pasieczny. Czerw trutowy zbierany jest z uli jako młode larwy męskie, zwykle między 4. a 14. dniem rozwoju, a ich zbliżony do mleczka pszczelego skład chemiczny jest ściśle zależny od fazy rozwoju [Sidor i in. 2021]. W badaniach własnych po raz pierwszy wykazano wysoką biodostępność głównych składników (hormonów sterydowych, białek i polifenoli) z czystego czerwiu trutowego *in vitro* oraz korzystny wpływ czerwiu na przeżywalność plemników ssaków. Wymiernym wynikiem przeprowadzonych badań było zaprojektowanie suplementu złożonego z czerwiu i organicznego wapnia (P. 445652) [Sidor i in. 2021].

VII. PERSPEKTYWY ROZWOJU KRAJOWEGO PSZCZELARSTWA

Rosnące zainteresowanie apiterapią i wzrost zapotrzebowania na zapylanie roślin entomofilnych w rolnictwie stwarza dobre warunki do rozwoju gospodarki pasiecznej, która może być traktowana jako zawód rolniczy i stanowić źródło dochodu na terenach wiejskich [Pokrzyńska 2017]. O opłacalności produkcji pasiecznej decyduje wiele czynników:

a. zależne od pszczelarza – rodzaj gospodarki pasiecznej (stacjonarna czy wędrowna), liczba rodzin, rasa użytkowanych pszczół, typ uli, kanał sprzedaży,
b. częściowo zależne od pszczelarza – dostęp do odpowiedniej bazy pożytkowej, ceny sprzedaży wytworzonych produktów,
c. niezależne od pszczelarza: warunki pogodowe, występowanie chorób, koszty utrzymania pasieki (pasza dla pszczół, sprzęt) oraz ceny skupu [Majewski 2018].

Struktura krajowego pszczelarstwa jest zróżnicowana, dominują głównie małe amatorskie pasieki (do 20 rodzin, o wydajności od kilku do kilkunastu kg miodu/ul), które nie mogą być traktowane jako źródło dochodu. Takie amatorskie (hobbystyczne) pszczelarstwo stanowi raczej element stylu życia i atrakcyjne zajęcie, umożliwia obcowanie z przyrodą, i nie jest nastawione na osiąganie dochodów [Pokrzyńska 2017]. Prowadzenie pasieki stacjonarnej może być podstawowym źródłem utrzymania jedynie przy odpowiedniej skali produkcji (co najmniej 80 rodzin), która pozwala na uzyskanie dużej masy produktów pszczelich przy niskich kosztach produkcji. Utrzymywanie pasieki wędrownej (min. 100 uli, około 30 kg miodu/ul), dzięki wykorzystaniu pożytków odległych od pasieki, pozwala na istotny wzrost dochodów, dzięki zwiększeniu wydajności produkcji miodu od rodziny pszczelej oraz pozyskaniu miodów odmianowych o wyższej cenie [Pokrzyńska 2017, Majewski 2018]. Opłacalność produkcji pasiecznej uległa istotnemu zwiększeniu dzięki zalegalizowaniu sprzedaży bezpośredniej miodów, która pozwala na osiągnięcie zysków w porównaniu do sprzedaży miodów w punktach skupu (ceny zwykle o 50% niższe). Ponadto, odpowiednie przygotowanie do zawodu, pozwala pszczelarzom na pozyskiwanie produktów pszczelich o najwyższej jakości, co zapewnia pozyskanie szerokiego grona stałych odbiorców oraz uzyskanie wyższej ceny produktów.

IV. PODSUMOWANIE

Rola pszczoły miodnej *A. mellifera* jest kluczową dla utrzymania różnorodności biologicznej oraz osiągania odpowiednich plonów w rolnictwie, w tym ogrodnictwie i sadownictwie. Pszczoła miodna dostarcza człowiekowi wysokiej jakości żywności, której uznane właściwości lecznicze znajdują zastosowanie w apiterapii, której skuteczność jest intensywnie oceniana w badaniach naukowych na całym świecie. Z przytoczonych wyżej powodów, pszczelarstwo może stanowić ważne źródło dochodu na obszarach wiejskich, przy założeniu odpowiednich rozmiarów pasieki i/lub prowadzeniu wędrownej gospodarki pasiecznej.

Populacja pszczół *A. mellifera*, tak jak innych gatunków zapylaczy, jest narażona na wiele niekorzystnych czynników, w tym zubożenia bazy pożytkowej, rozprzestrzeniania chorób i pasożytów, nadmierne stosowanie pestycydów w rolnictwie, zmiany klimatyczne i rosnące zanieczyszczenie środowiska. Wiele zanieczyszczeń podlega kumulacji w ciałach pszczół, które na szczęście w ograniczonym stopniu przechodzą do produktów pszczelich, dlatego owady te mogą być wykorzystywane jako organizmy wskaźnikowe w monitoringu środowiska.

Ochrona pszczół i innych zapylaczy to zapewnienie zrównoważonej przyszłości dla ekosystemów oraz retardacji utraty szeroko pojętych zasobów przyrody. Powodzenie podejmowanych działań na rzecz ochrony pszczół jest uzależnione głównie od uświadamiania społeczeństwu, że „pszczoła to nie tylko miód", ponieważ owad ten odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa żywnościowego i zdrowia ludzi, ale też istotnie wpływa na przetrwanie wielu gatunków roślin i zwierząt.

BIBLIOGRAFIA

1. Al Naggar Y., Naiem E., Mona M., Seif A. 2013. Honey bees and their products as a bioindicator of environmental pollution with heavy metals. Mellifera. 13(26). 10-20.
2. Alemberhe K., Gebremeskel K. 2016. A Review on: Role of Honey Bee Pollination in Improving Crop Productivity and Seed Quality in the Northern Ethiopia. Food Science and Quality Management. 47. 7-13.
3. Banaszak J. 2004. Pszczoły (*Apidae*). [w:] Bogdanowicz W., Chudzicka Z., Pilipiuk I., Skibińska E. (red.) Fauna Polski Wykaz gatunków. MIIZ PAN Warszawa. Tom 1. 358-362.
4. Bąk-Badowska J., Żeber-Dzikowska I., Gworek B., Szajnerc J., Wójtowicz B., Suwara J., Chmielewski J. 2021. Pestycydy jako źródło zagrożenia środowiskowego dla owadów zapylających. Edukacja ekologiczna. Przemysł Chemiczny. 100(3).268-274. https://doi.org/10.15199/62.2021.3.9.
5. Bernardino P.N., Bersano P.R.O., Neto J.F.L., Sforcin J.M. 2018. Positive effects of antitumor drugs in combination with propolis on canine osteosarcoma cells (spOS-2) and mesenchymal stem cells. Biomedicine and Pharmacotherapy. 104. 268-274. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.05.027.
6. Boczek J., Pruszyński G. 2015. Pozytywna rola owadów w gospodarce i życiu człowieka. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego. 1/2015. 98-105.
7. Bogdanov S. 2011. Composition of honey. Book of Honey. Chapter 5.
8. Bogdanov S. 2016. Honey as Nutrient and Functional Food. Book of Honey. Chapter 8.
9. Burden C.M., Morgan M.O., Hladun K.R., Amdam G.V., Trumble J.J., Smith B.H. 2019. Acute sublethal exposure to toxic heavy metals alters honey bee (*Apis mellifera*) feeding behavior. Scientific reports. 9(1). ID 4253. https://doi.org/10.1038/s41598-019-40396-x.
10. Cherbuliez T. 2013. Apitherapy – the use of honeybee products. [w]: Grassberger M. (red.), Biotherapy – History, Principles and Practices. Springer London.

11. Cunningham M., Tran L., McKee Ch., Ortega Polo R., Newman T., Lansing L., Griffiths J., Bilodeau G., Rott M., Guarna M. 2022. Honey bees as biomonitors of environmental contaminants, pathogens, and climate change. Ecological Indicators. 134. 108457. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108457.
12. Dżugan M., Miłek M., Sidor E., Grabek-Lejko D. 2020. Apifitoterapia-synergistyczne działanie miodu i roślin leczniczych. Wydawnictwo UR. Rzeszów.
13. Dżugan M., Sowa P., Kwaśniewska M., Wesołowska M. 2017. Physicochemical Parameters and Antioxidant Activity of Bee Honey Enriched With Herbs. Plant Foods for Human Nutrition. 72. 74-81. https://doi.org/10.1007/s11130-016-0593-y.
14. Dżugan M., Wesołowska M., Zaguła G. Kaczmarski M., Czernicka M., Puchalski Cz., 2018. Honeybees (*Apis mellifera*) as a biological barrier for contamination of honey by environmental toxic metals. Environmental Monitoring and Assessment. 190. 101. https://doi.org/10.1007/s10661-018-6474-0.
15. Edo C., Fernández-Alba A., Vejsnæs F., Steen J., Fernandez-Piñas F., Rosal R. 2021. Honeybees as active samplers for microplastics. Science of The Total Environment. 767. 144481. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144481.
16. El Ghouizi A., Bakour M., Laaroussi H. Ousaaid D., El Menyiy N., Hano C., Lyouss B. 2023. Bee Pollen as Functional Food: Insights into Its Composition and Therapeutic Properties. Antioxidants. 12. 557. https://doi.org/10.3390/antiox12030557.
17. Grabek-Lejko D., Miłek M., Sidor E., Puchalski C., Dżugan M. 2022. Antiviral and Antibacterial Effect of Honey Enriched with *Rubus* spp. as a Functional Food with Enhanced Antioxidant Properties. Molecules. 27. 4859. https://doi.org/10.3390/molecules27154859.
18. Habryka C., Socha R., Juszczak L. 2023. The Influence of Bee Bread on Antioxidant Properties, Sensory and Quality Characteristics of Multifloral Honey. Applied Sciences. 13. 7913. https://doi.org/10.3390/app13137913.
19. Hirpara P., Rameshbhai P.M., Kele V.D., Chudasama M., Upadhye V.J. 2023. Honey: a functional food and its application in food products. Journal of Xidian University. 17(10). 764-782. https://doi.org/10.37896/jxu17.10/071.
20. Juszczak L. Gałkowska D., Ostrowska M., Socha R. 2016. Antioxidant activity of honey supplemented with bee products. Natural Products Research. 30. 1436-1439. https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1057582.
21. Kafle L., Joshi A.C. 2023. Apitherapy: An Overview. Journal of Applied Zoological Research. 2. 1-7.
22. Kędzia B., Hołderna-Kędzia E. 2020. Apiterapia-leczenie miodem i innymi produktami pszczelimi. Wydawnictwo SBM Sp. z o.o. Warszawa.
23. Khalifa S.A.M., Elshafiey E.H., Shetaia A.A., El-Wahed A.A.A., Algethami A.F., Musharraf S.G., AlAjmi M.F., Zhao C., Masry S.H.D., Abdel-Daim M.M., Halabi M.F., Kai G., Al Naggar Y., Bishr M., Diab M.A.M., El-Seedi H.R. 2021. Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. Insects. 12. 688. https://doi.org/10.3390/insects12080688.
24. Kołtowski Z. 2008. Zapylanie roślin i rola pszczoły miodnej w tym procesie. Pasieka. 5/2008. 42-44.
25. Kowalski S., Makarewicz M. 2017. Functional properties of honey supplemented with bee bread and propolis. Natural Products Research. 31. 2680-2683. https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1286481.

26. Majewski J. 2018. Determinanty opłacalności produkcji pszczelarskiej w Polsce. Roczniki Naukowe SERiA. XX(5). 107-111.
27. Miłek M., Ciszkowicz E., Sidor E., Hęclik J., Lecka-Szlachta K., Dżugan M. 2023. The Antioxidant, Antibacterial and Anti-Biofilm Properties of Rapeseed Creamed Honey Enriched with Selected Plant Superfoods. Antibiotics. 12. 235. https://doi.org/10.3390/antibiotics12020235.
28. Miłek M., Ciszkowicz E., Tomczyk M., Sidor E., Zaguła G., Lecka-Szlachta K., Pasternakiewicz A., Dżugan M. 2022. The Study of Chemical Profile and Antioxidant Properties of Poplar-Type Polish Propolis Considering Local Flora Diversity in Relation to Antibacterial and Anticancer Activities in Human Breast Cancer Cells. Molecules. 27(3). 725. https://doi.org/10.3390/molecules27030725.
29. Miłek M., Dżugan M. 2023. Pierzga – naturalny synbiotyk z ula. Pszczelarz Polski. 7. 16-18.
30. Miłek M., Grabek-Lejko D., Stępień K., Sidor E., Mołoń M., Dżugan M. 2021. The enrichment of honey with *Aronia melanocarpa* fruits enhances its in vitro and in vivo antioxidant potential and intensifies its antibacterial and antiviral properties. Food & Function. 12. 8920-8931. https://doi.org/10.1039/D1FO02248B.
31. Oliveira L.P.G., Conte F.L., Cardoso E.O., Conti B.J., Santiago K.B., Golim M.A., Feltran G.S., Zambuzzi W.F., Sforcin J.M. 2019. A new chemotherapeutic approach using doxorubicin simultaneously with geopropolis favoring monocyte functions. Life Science. 217. 81–90. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.11.060.
32. Pokrzyńska M. 2017. Współczesne pszczelarstwo polskie pomiędzy rolnictwem a ruchem społecznym. Opuscula Sociologica. 4. 81-96. https://doi.org/10.18276/os.2017.4-06.
33. Potts S.G., Imperatriz-Fonseca V., Ngo H.T., Aizen M.A., Biesmeijer J.C., Breeze T.D., Dicks L.V., Garibaldi L.A., Hill R., Settele J., Vanbergen A.J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. Nature. 540. 220-229. https://doi.org/10.1038/nature20588.
34. Radzikowski P. 2018. Wpływ utraty bioróżnorodności agroekosystemów na spadek populacji owadów zapylających ze szczególnym uwzględnieniem pszczoły miodnej. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego. 1(91). 78-86.
35. Semkiw P. 2023. Stan pszczelarstwa w Polsce w 2023 roku. Instytut Ogrodnictwa – PIB, Puławy. 1-14.
36. Sidor E., Miłek M., Zaguła G., Bocian A., Dżugan M. 2021 Searching for Differences in Chemical Composition and Biological Activity of Crude Drone Brood and Royal Jelly Useful for Their Authentication. Foods. 10(9). 2233. https://doi.org/10.3390/foods10092233.
37. Štajner D., Popović B.M., Čanadanović-Brunet J., Dilas S., Ćetković G. 2014. Nutritive composition and free radical scavenger activity of honey enriched with of *Rosa* spp. LWT—Food Science and Technology. 55. 408-413. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.025.
38. Thakur M. 2016. Bees as Pollinators – Biodiversity and Conservation. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science. 2(1). 001-007.
39. Tomczyk M., Miłek M., Sidor E., Kapusta I., Litwińczuk W., Puchalski C., Dżugan M. 2020. The effect of adding the leaves and fruits of *Morus alba* to rape honey on its antioxidant properties, polyphenolic profile, and amylase activity. Molecules. 25. 84. https://doi.org/10.3390/molecules25010084.
40. Tomczyk M., Tarapatskyy M., Dżugan M., 2019. The influence of geographical origin on honey composition studied by Polish and Slovak honeys. Czech Journal of Food Sciences. 37(4). 232-238. https://doi.org/10.17221/40/2019-CJFS.

41. Tomczyk M., Zaguła G., Puchalski Cz., Dżugan M., 2020. Transfer of Some Toxic Metals from Soil to Honey Depending on Bee Habitat Conditions. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology. 24(1). 49-59. https://doi.org/10.2478/aucft-2020-0005.
42. Weis W.A., Ripari N., Conte F.L., Honorio M.S., Sartori A.A, Matucci R.H., Sforcin J.M. 2022. An overview about apitherapy and its clinical applications. Phytomedicine Plus. 2. ID 100239. https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2022.100239.
43. Wilczyńska A., Newerli-Guz J., Szweda P. 2017. Influence of the addition of selected spices on sensory quality and biological activity of honey. Journal of Food Quality. ID 6963904. https://doi.org/10.1155/2017/6963904.
44. Wilde J. (red.) 2024. Chów i hodowla pszczół. PWRiL. Warszawa.

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE OF THE HONEY BEE

Summary

The honeybee Apis mellifera is the most important domesticated pollinating insect, playing a key role in the entire ecological system. Pollination of plants allows for the preservation of biodiversity, but above all it enables production in many sectors of agriculture. As the only insect, provides humans with high-quality food, i.e. honey, royal jelly and pollen, wax, propolis and bee venom, which in addition to nutritional value has a beneficial effect on the condition of the body. Treatment and prevention of diseases using bee products (known as apitherapy) is becoming increasingly popular, which means that beekeeping can be an important source of income in rural areas. A. mellifera bees, like other pollinators, are increasingly threatened by human activity, and protecting these useful insects is ensuring a sustainable future for ecosystems and the renewal of natural resources. This article reviews the current literature on the importance of bees for the environment and humans, focusing mainly on ensuring the biodiversity of ecosystems, food production and protecting human health.

Keywords: *Apis mellifera*, pollinators, biodiversity, bee products, apitherapy, biomoitoring

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 85-92. rok 2024

MARCIN FELTYNOWSKI, JUSTYNA TRIPPNER-HRABI

Katedra Gospodarki Samorządu Terytorialnego, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Uniwersytet Łódzki, e-mail: *marcin.feltynowski@uni.lodz.pl*, e-mail: *justyna.hrabi@uni.lodz.pl*

BUDOWANIE CYRKULARNOŚCI W SAMORZĄDACH LOKALNYCH – PRZYKŁAD WOJEWÓDZTWA ŁÓDZKIEGO

Celem pracy jest prezentacja podejścia opartego na założeniu cyrkularności w działaniach władz samorządowych przez pryzmat funkcjonujących tam gospodarstw domowych. Działania w tym zakresie podejmowane są również na szczeblu Unii Europejskiej poprzez wskazywanie produktywności zasobów w danym kraju. Dynamika selektywnego zbierania odpadów pozwala na ocenę świadomości gospodarstw domowych w zakresie podejścia cyrkularnego, jak również na ocenę skuteczności władz lokalnych w działaniach na rzecz cyrkularności poprzez analizę wskaźników powiązanych z tym zagadnieniem. Praca swoim zasięgiem obejmuje obszar województwa łódzkiego, prezentując dynamikę zjawiska selektywnego gromadzenia odpadów w latach 2017-2023. Na podstawie danych z 2023 roku, możliwe było również wskazanie skupień tworzonych przez gminy o wysokich i niskich wartościach analizowanego wskaźnika.

Słowa kluczowe: selektywna zbiórka odpadów, retardacja, cyrkularna ekonomia, samorząd lokalny, województwo łódzkie

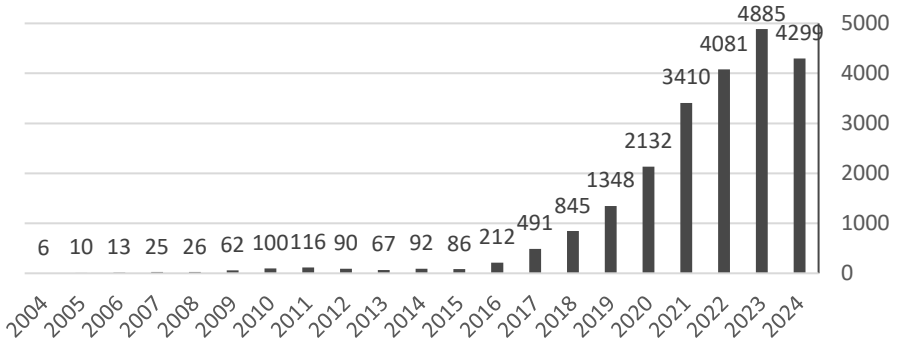
I. WSTĘP

Działania na rzecz cyrkularności gospodarki można wiązać z latami siedemdziesiątymi poprzedniego wieku, kiedy to idea kreowania zrównoważonej gospodarki zaczęła być rozwijana. Związane było to z kryzysem energetycznym, który wpłynął na działania władz. Wizja cyrkularnej ekonomii pojawiła się w działaniach Unii Europejskiej, by zostać zaprezentowana światu naukowemu na początku lat osiemdziesiątych, w postaci zwartej publikacji o zamkniętej pętli [Stahel i Reday-Mulvey 1981]. Pomimo zauważenia potrzeby działań na rzecz zamykania pętli w produkcji, konieczne było również dotarcie z tą ideą do gospodarstw domowych, które poprzez odpowiednie działania stają się nieodzownym elementem gospodarki cyrkularnej.

Koncepcja gospodarki cyrkularnej zyskuje coraz większe znaczenie w kontekście globalnych wyzwań środowiskowych i ekonomicznych. Wprowadzenie zasad cyrkularności na poziomie lokalnym wymaga nie tylko zmian w systemach produkcji i konsumpcji, ale także w mentalności społeczności. Samorządy lokalne odgrywają kluczową rolę w promowaniu i wdrażaniu praktyk cyrkularnych, będąc łącznikiem między polityką krajową a codziennym życiem obywateli. Skuteczne wprowadzanie gospodarki cyrkularnej na poziomie lokalnym może przyczynić się do znacznej redukcji odpadów, oszczędności zasobów oraz tworzenia nowych miejsc pracy w sektorze zielonej gospodarki [OECD 2020].

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.8

Działania wskazane w latach siedemdziesiątych, wdrażane zaczęły być dopiero od końca drugiego dziesięciolecia XXI wieku. Wiąże się to również ze zwiększeniem dynamiki w zakresie publikacyjnym środowisk naukowych. Obecnie zjawisko wykorzystywania idei cyrkularnej ekonomii w różnych branżach można zaobserwować przez pryzmat analizy bibliograficznej w narzędziach Scopus, gdzie od roku 2020 liczba publikacji zawierających słowo kluczowe „gospodarka cyrkularna" przekroczyło 2000 wystąpień, by dwa lata później w 2022 roku osiągnąć ponad 4000 wystąpień (rys. 1). Przekłada się to na wzrost zainteresowania tym zagadnieniem wszystkich uczestników ekosystemów działających w przestrzeni globalnej, narodowej, regionalnej i lokalnej. Potwierdzeniem tego są publikacje odnoszące się do przeglądowego podejścia w zakresie cyrkularności, we wskazanej tematyce badań w różnych częściach świata i w różnych obszarach badawczych [Alhawari i in. 2021, Arruda i in. 2021, Khan i in. 2022, Mhatre i in. 2021, Suchek i in. 2021].



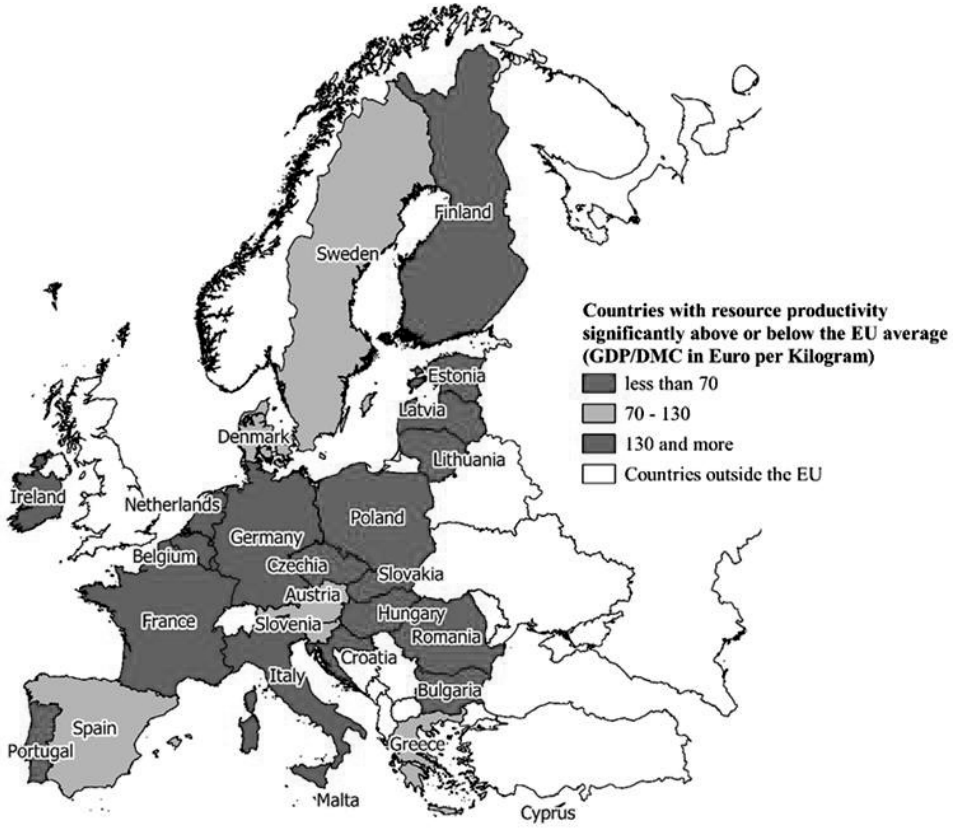
Źródło: Baza Scopus, / *Source: Scopus database,* dostęp /*accessed* 18/09/2024

Rys. 1. Liczba wystąpień słów kluczowych "circular economy" w bazie Scopus
Fig. 1. *Number of key words "circular economy" in Scopus database*

Nałożenie na siebie działań różnych środowisk: naukowego, gospodarczego, administracyjnego oraz społecznego, stało się siłą napędową dla wdrażania idei cyrkularności. Podejście to wskazuje na konieczność przywracania zasobów do ponownego wykorzystania [Stahel 2016], jednocześnie pomijając traktowanie ich jako odpady. Działania takie stają się alternatywą dla systemu liniowego, który stanowił wcześniej podstawę działania gospodarki. Wiąże się to z budowaniem świadomości aktorów lokalnych oraz stosowanie rozwiązań zrównoważonych [Suchek i in. 2021].

Ważnym elementem w procesie wdrażania modelu cyrkularnego staje się konieczność monitoringu zachodzących procesów [Adamus i in. 2024, Elia i in. 2017]. Dlatego istotne jest wykorzystanie dostępnej informacji oraz budowanie nowych zasobów bazodanowych na różnych szczeblach działalności. Wciąż należy uznać, że zasób danych na temat cyrkularności nie jest dostępny w sposób otwarty, co również przekłada się na wdrażanie tych rozwiązań w branżach i przedsiębiorstwach należących do sektora małych i średnich przedsiębiorstw. To właśnie tego rodzaju podmioty znajdują się bliżej gospodarstw domowych, dzięki czemu stają się nośnikiem wiedzy w zakresie gospodarki cyrkularnej. Potrzebę budowania baz danych widać również w podmiotach gromadzących tego rodzaju zasoby na szczeblu Unii Europejskiej, jednak kompletność danych pozostawia wiele do życzenia. Wynika to z faktu, że bazy te zasilane powinny być przez podmioty krajowe, które także nie gromadzą tego zasobu w wymiarze proponowanym na szczeblu UE.

Jednym z częściej wykorzystywanych zasobów danych jest produktywność zasobów, która jest miarą całkowitej ilości materiałów bezpośrednio wykorzystywanych przez gospodarkę (mierzona jako krajowe zużycie materiałów) w odniesieniu do PKB. Dostarcza ona informacji na temat tego, czy następuje dysonans między wykorzystaniem zasobów naturalnych a wzrostem gospodarczym. Produktywność zasobów uznawany jest za wskaźnik zrównoważonego rozwoju Unii Europejskiej służący ocenie polityk krajowych. Niestety z punktu widzenia niższych szczebli wskaźnik ten nie znajduje zastosowania, ze względu na prowadzone w tym zakresie statystyki (rys. 2).



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat, Środowisko i energia; Środowisko; Przepływy materiałów i produktywność zasobów / *Source: own study, based on Eurostat, Environment and energy; Environment; Material flows and resource productivity*

Rys. 2. Kraje o wydajności zasobów powyżej lub poniżej średniej UE według danych za 2021 r.
Fig. 2. *Countries with resource productivity significantly above and below the EU average in 2021*

Wskazane podejście pokazuje, że analiza statystyk dotyczących gospodarki cyrkularnej na poziomie lokalnym musi odbywać się przez pryzmat innych miar. W przypadku statystyki polskiej, należy skupić się na wskaźnikach dotyczących odpadów komunalnych pochodzących z gospodarstw domowych. Dzięki takiemu podejściu można zaobserwować dynamikę zjawisk związanych z recyklingiem na poziomie społecznym, który to proces staje się podstawą dla zrozumienia istoty gospodarki cyrkularnej. Pozwala to jednocześnie na budowanie podejścia cyrkularnego wśród innych aktorów lokalnych. Luka badawcza w konsekwencji odnosi się do

konieczności wykorzystywania mierników, które w sposób pośredni obrazują działania podejmowane w zakresie gospodarki cyrkularnej. Z tej perspektywy celem pracy jest prezentacja podejścia opartego na założeniu cyrkularności w działaniach władz samorządowych przez pryzmat funkcjonujących tam gospodarstw domowych, co ma miejsce poprzez wykorzystanie gromadzonych w statystyce publicznej miar.

II. MATERIAŁY I METODY

W artykule wykorzystano dane pochodzące z zasobów Głównego Urzędu Statystycznego dostępnych w Banku Danych Lokalnych (BDL). Zgromadzone dane odnoszą się do gmin zlokalizowanych w województwie łódzkim, a ich zakres czasowy obejmuje lata 2017-2023. Oprócz oceny dynamiki zjawiska selektywnej zbiórki odpadów, podjęto próbę oceny korelacji przestrzennej wśród podstawowych jednostek województwa łódzkiego, w celu wskazania klastrów w zakresie selektywnej zbiórki odpadów. Dynamika zjawiska miała miejsce przez pryzmat udziału odpadów selektywnie zebranych w odpadach komunalnych ogółem.

W przypadku analizy korelacji przestrzennej wykorzystano oprogramowanie ArcGIS Pro, aby zobrazować zależności lub ich brak. Analiza korelacji przestrzennej miała miejsce dla ostatniego roku dostępnego w zestawieniu danych BDL i odbywała się w oparciu o globalną autokorelację przestrzenną I Morana. Dodatkowo ocenie podlegała miara Getis-Ord General G, pozwalająca ocenić występowanie wysokich lub niskich wartości wskaźników na danym obszarze badawczym. Podejście to rozwijane było przez Getis'a i Ord'a [1992] i wykorzystywane jest w kreowaniu klastrów, pozwalających ocenić, czy poszczególne gminy biorące udział w badaniu należą do klastra, czy są obserwacją odstającą, nieistotną z perspektywy analizy skupień.

Należy podkreślić, że wskazane metody posiadają pewne ograniczenia, ponieważ uzależnione są one często od wielkości terytorium, do którego się odnoszą. W przypadku obu miar należy odnieść się do kontekstu analizowanych danych, aby uniknąć mylnych wniosków dotyczących klastrów przestrzennych.

III. WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza danych wejściowych pozwoliła na zweryfikowanie podstawowych statystyk opisowych. W przypadku mediany możliwe było stwierdzenie systematycznego wzrostu wartości statystyk w poszczególnych latach, co dobrze świadczy o podejściu gospodarstw domowych do selektywnej zbiórki odpadów. Oczywiście zachowanie to podyktowane jest również regulacjami prawnymi oraz uwarunkowaniami rynkowymi, które wpływają na ceny płacone przez mieszkańców za odbiór odpadów. Analiza statystyk opisowych dotyczących procentu odpadów zebranych selektywnie w gospodarstwach domowych w latach 2017-2023 ujawnia pozytywne trendy w zbieraniu odpadów komunalnych w analizowanej grupie gmin. Mediana wartości wzrosła z 32,00% w 2017 roku do 43,60% w 2023 roku, co wskazuje na stały wzrost efektywności selektywnej zbiórki odpadów. Średnia również wykazuje podobny trend, zwiększając się z 33,16% w 2017 roku do 44,38% w 2023 roku, co potwierdza pozytywną tendencję w zakresie selektywnej zbiórki. Wartości odchylenia standardowego, które zmniejszyły się z 13,72 w 2017 roku do 11,77 w 2023 roku, sugerują, że różnice między poszczególnymi gminami w zakresie efektywności zbiórki odpadów stają się coraz mniejsze. W szczególności lata 2022-2023 charakteryzowały się stabilizacją odchyleń standardowych, co może wskazywać na ujednolicenie praktyk zbiórki odpadów w gminach. W rezultacie, zarówno mediana, jak i średnia wskazują na pozytywny rozwój w zakresie selektywnej zbiórki odpadów, co może być wynikiem zwiększonej świadomości ekologicznej oraz działań promujących recykling.

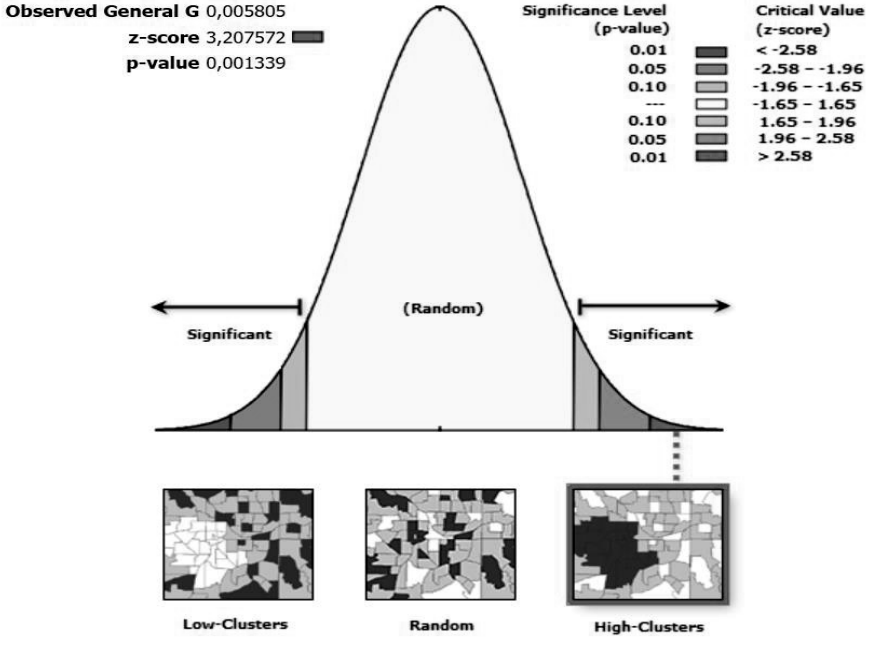
Tabela 1 – *Table 1*

Statystyki opisowe danych dotyczących udziału odpadów zebranych selektywnie w gospodarstwach domowych / *Descriptive statistics of data concerning the share of selectively collected waste in households*

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mediana / *Median*	32.00	34.80	35.70	41.20	41.60	41.80	43.60
Średnia / *Mean*	33.16	37.27	37.96	42.46	42.39	42.49	44.38
Odchylenie standardowe *Standard deviation*	13.72	14.48	14.14	13.36	12.56	11.60	11.77

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BDL / *Source: own work based on LDB data*

Analiza korelacji przestrzennej zjawiska w ostatnim roku analizy, pokazuje występowanie autokorelacji pomiędzy gminami przy uwzględnieniu wartości wskaźników podlegającymi analizie. Wyniki pokazują wysoki poziom klasteryzacji danych, co potwierdzają wskaźniki: z-score (3,207) oraz poziom istotności p (0,0013). Zgodnie z otrzymanymi oszacowaniami istnieje mniej niż 1% prawdopodobieństwo, że zaobserwowane skupienia mógłby być wynikiem losowości zjawiska. Przywołane wyniki wskazują na obecność istotnych zjawisk przestrzennych, które wymagają dalszej analizy w celu wskazania jednostek, których relacje przestrzenne tworzą *hotspoty* i *coldspoty* z podziałem na poziomy istotności tworzony skupień.

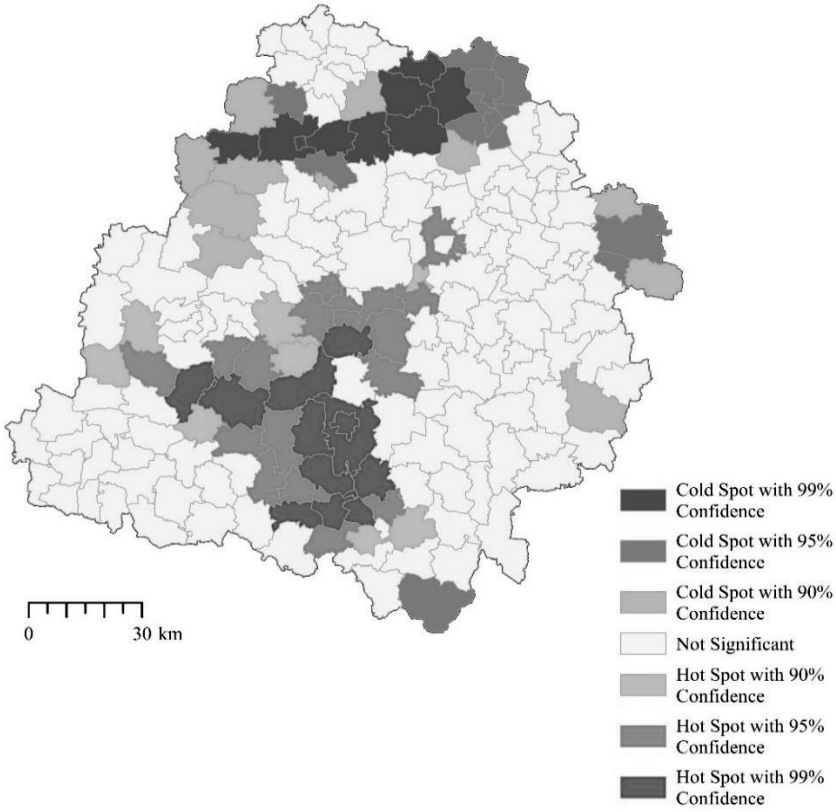


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BDL / *Source: own work based on LDB data*

Rys. 3. Globalna autokorelacja przestrzenna I Morana dla udziału odpadów zebranych selektywnie w odpadach ogółem w gospodarstwach domowych w 2023 roku
Fig. 3. *Global I Moran's spatial autocorrelation for the share of selectively collected waste in total waste in households in 2023*

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że skupienia o niskich wartościach wskaźników znajdują się w dominującej części na północy województwa łódzkiego, choć należą do nich również nieliczne gminy zlokalizowane przy wschodniej granicy województwa oraz jedna jednostka na południu. W przypadku klastrów o wysokich wartościach należy wskazać, że jednostki o wysokich wartościach analizowanego wskaźnika zlokalizowane są na południe od Łodzi tworząc skupiska o wysokim poziomie prawdopodobieństwa.

Należy uznać, że niższymi wartościami w zakresie selektywnej zbiórki odpadów w gospodarstwach domowych odznacza się północna część województwa łódzkiego (rys. 4). Centralna i południowa część województwa natomiast znacznie lepiej radzi sobie z odzyskiwaniem zasobów do ponownego przetworzenia. Tym samym ta część województwa łódzkiego efektywniej odpowiada na wyzwania związane z gospodarką cyrkularną, a przez to także z retardacją zużywania zasobów.



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BDL oraz danych przestrzennych Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii
Source: own work based on LDB data and spatial data Head Office of Geodesy and Cartography (GUGiK)

Rys. 4. Klastry wysokich i niskich udziałów odpadów zebranych selektywnie w odpadach ogółem w gospodarstwach domowych w 2023 roku
Fig. 4. *Clusters of high and low shares of selectively collected waste in total waste in households in 2023*

IV. PODSUMOWANIE

Podejście prezentacji informacji wskazane w artykule ma charakter replikowalny, zarówno w innych województwach, jak również w regionach Unii Europejskiej. Dzięki temu

możliwe jest weryfikowanie zachodzących zmian na poziomie lokalnym, jak również identyfikowanie klastrów, a co za tym idzie potencjalnego rozprzestrzeniania się dobrych praktyk w zakresie selektywnej zbiórki odpadów w gospodarstwach domowych.

Należy uznać, że zmieniające się przepisy zarówno w Unii Europejskiej, jak również ich transponowanie do prawodawstwa krajowego pozwala unifikować podejście do gospodarki cyrkularnej w poszczególnych krajach. Jednak zgodnie z podejściem teoretycznym wciąż istnieje duże zróżnicowanie w zakresie zamykania obiegu oraz zasobochłonności w różnych częściach Europy.

Wdrażanie zrównoważonego podejścia wymaga podejmowania różnorodnych działań, które w szczególności powinny być skierowane do młodego pokolenia. To właśnie ono kreuje zachowania gospodarstw domowych. Oczywiście nakładają się na to również instrumenty ekonomiczne i prawne, które obok zachęt stanowią ważny element oddziaływania na społeczność lokalną.

Analiza przestrzenna przeprowadzona w badaniu ujawniła istotne różnice w poziomie selektywnej zbiórki odpadów między północną a południową częścią województwa łódzkiego. Wyniki te wskazują na potrzebę zróżnicowanego podejścia do wdrażania polityk cyrkularnych w różnych częściach regionu. Dalsze badania mogłyby skupić się na identyfikacji czynników odpowiedzialnych za te różnice, co pomogłoby w opracowaniu bardziej skutecznych strategii lokalnych. Warto również rozważyć przeprowadzenie podobnych analiz w innych województwach, co mogłoby przyczynić się do stworzenia kompleksowej mapy elementów cyrkularności w Polsce. Istotnym aspektem, który wymaga dalszej analizy, jest wpływ edukacji ekologicznej na poziom selektywnej zbiórki odpadów w gospodarstwach domowych. Wreszcie, kluczowe wydaje się także zbadanie, jak lokalne inicjatywy i programy pilotażowe wpływają na zachowania mieszkańców w zakresie segregacji odpadów i ogólnego podejścia do gospodarki cyrkularnej. Podsumowując, prezentowane badanie stanowi istotny krok w kierunku lepszego zrozumienia dynamiki wdrażania gospodarki cyrkularnej na poziomie lokalnym, jednocześnie otwierając nowe ścieżki dla przyszłych badań w tym obszarze.

Badania prezentowane w artykule prowadzone były w ramach projektu A FRONTrunner approach to Systemic circular, Holistic & Inclusive solutions for a new Paradigm of territorial circular economy (FRONTSH1P) finansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach program Horyzont 2020, grant numer: 101037031.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamus J., Chądzyński J., Trippner-Hrabi J. 2024. Government failure - o błędach sektora publicznego we wdrażaniu gospodarki cyrkularnej. Studia z Polityki Publicznej. 11(1(41)). 7-26. https://doi.org/10.33119/KSzPP/2024.1.1.
2. Alhawari O., Awan U., Bhutta M.K.S., Ülkü M.A. 2021. Insights from Circular Economy Literature: A Review of Extant Definitions and Unravelling Paths to Future Research. Sustainability. 13(2). Article 2. https://doi.org/10.3390/su13020859.
3. Arruda E.H., Melatto R.A.P.B., Levy W., Conti D. de M. 2021. Circular economy: A brief literature review (2015-2020). Sustainable Operations and Computers. 2. 79-86. https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.05.001.
4. Elia V., Gnoni M.G., Tornese F. 2017. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. Journal of Cleaner Production. 142. 2741-2751. Scopus. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196.
5. Getis A., Ord J. K. 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. Geographical Analysis. 24(3). 189-206. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x.

6. Khan S.A.R., Shah A.S.A., Yu Z., Tanveer M. 2022. A systematic literature review on circular economy practices: challenges, opportunities and future trends. Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies. 14(5). 754-795. https://doi.org/10.1108/JEEE-09-2021-0349.
7. Mhatre P., Panchal R., Singh A., Bibyan S. 2021. A systematic literature review on the circular economy initiatives in the European Union. Sustainable Production and Consumption. 26. 187-202. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.008.
8. OECD 2020. The Circular Economy in Cities and Regions: Synthesis Report. OECD. https://doi.org/10.1787/10ac6ae4-en.
9. Stahel W.R. 2016. The circular economy. Nature. 531(7595). 435-438. https://doi.org/10.1038/531435a.
10. Stahel W.R., Reday-Mulvey G. 1981. Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy. Vantage Press.
11. Suchek N., Fernandes C.I., Kraus S., Filser M., Sjögrén H. 2021. Innovation and the circular economy: A systematic literature review. Business Strategy and the Environment. 30(8). 3686-3702.

BUILDING CIRCULARITY IN LOCAL GOVERNMENTS – A CASE STUDY OF THE ŁÓDŹ REGION

Summary

The aim of this paper is to present an approach based on the assumption of circularity in the actions of local authorities through the lens of the households operating within them. Efforts in this area are also being undertaken at the European Union level by highlighting the productivity of resources within a given country. The dynamics of selective waste collection allow for the assessment of household awareness regarding circular approaches, as well as the evaluation of local authorities' effectiveness in promoting circularity through the analysis of indicators related to this issue. The study encompasses the Łódź Voivodeship, presenting the dynamics of selective waste collection from 2017 to 2023. Based on data from 2023, it was also possible to identify clusters formed by municipalities with high and low values of the analyzed indicator.

Key words: selective waste collection, retardation, circular economy, local government, Lodzkie region

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 93-98. rok 2024

AGNIESZKA HUĆKO[1], EWA SZPYRKA[2]

[1]Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Biotechnologii – student
[2]Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Biotechnologii, e-mail: *eszpyrka@ur.edu.pl*

OPTYMALIZACJA I WALIDACJA METODY OZNACZANIA POLICHLOROWANYCH BIFENYLI W GLEBIE

Polichlorowane bifenyle (PCB) są to syntetyczne związki aromatyczne produkowane w dużych ilościach na całym świecie od lat trzydziestych XX wieku. Ich synteza została zabroniona w latach 70 XX wieku. Związki te miały szerokie zastosowanie między innymi jako płyny dielektryczne w kondensatorach i transformatorach, smary czy plastyfikatory. Ze względu na właściwości tych związków, takie jak odporność na degradację chemiczną i długi okres półtrwania (od 3 do 40 lat), stanowią one trwałe zanieczyszczenia środowiska. Najwyższe ich ilości znajdują się w glebie, jednak można je oznaczyć również w powietrzu, osadach, wodzie, roślinach, a nawet organizmach żywych. Celem pracy była optymalizacja i walidacja metody oznaczania kongenerów PCB 10, 28, 138, 153 i 180 w glebie. W procesie optymalizacji metody, testowano trzy odczynniki do ekstrakcji oraz dwa rodzaje sorbentów do oczyszczania. Walidację przeprowadzono na dwóch poziomach wzbogacenia w celu określenia odzysku i precyzji metody. Zoptymalizowaną i zwalidowaną metodę zastosowano do analizy zawartości wybranych kongenerów PCB w próbkach rzeczywistych pobranych z terenu Podkarpacia. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że najlepszym odczynnikiem do ekstrakcji PCB z gleby jest heksan, zaś sorbentem do oczyszczania Florisil. Stężenie PCB 10, 28, 52, 138 i 153 w analizowanych próbkach rzeczywistych było poniżej granicy oznaczalności (LOQ<0,005 mg/kg). PCB 180 oznaczono na poziomie 0,007 mg/kg w glebie pobranej z terenu obok linii kolejowych w Głuchowie.

Słowa kluczowe: polichlorowane bifenyle, gleba, zanieczyszczenia, optymalizacja, walidacja

I. WSTĘP

Polichlorowane bifenyle (PCB) to toksyczne związki aromatyczne obejmujące 209 kongenerów, których struktura chemiczna różni się pozycją oraz liczbą atomów chloru w pierścieniu. Związki te znalazły szerokie zastosowanie między innymi jako płyny dielektryczne w kondensatorach i transformatorach, płyny do przenoszenia ciepła, hydrauliczne, oleje smarowe, składniki pestycydów, lakieru epoksydowego, plastyfikatory do produkcji farb, klejów, uszczelniaczy i tworzyw sztucznych oraz jako dodatek w produkcji papierów w celu kopiowania bez kalki [Erickson i Kaley 2010, Vorkamp i in. 2016]. Zakaz ich stosowania w Polsce wprowadzono w wyniku wydania Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 24 czerwca 2002 roku, które dopuszczało wykorzystanie PCB do dnia 30 czerwca 2010 roku [Rozporządzenie Ministra Gospodarki 2002]. Pomimo wprowadzonego zakazu produkcji tych

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.9

związków, duża ich ilość znajduje się w prawie każdym elemencie globalnego ekosystemu na całym świecie.

Skażenie upraw rolniczych, flory i fauny na danym terenie wynika z dużej trwałości i kumulacji tych syntetycznych związków w glebie [Elabbas i in. 2013, Kumar i in. 2014, Kiani i in. 2023]. PCB głównie dostają się do organizmu człowieka drogą pokarmową np. poprzez spożycie tłuszczy zwierzęcych. PCB przyczynia się do rozwoju chorób przewlekłych takich jak: cukrzyca typu 2, dysfunkcje neurologiczne oraz choroby układu krążenia, otyłość [Kaw i Kannan 2016]. Toksyczne działanie tych ksenobiotyków wpływa również na niską masę urodzeniową u niemowląt oraz spadek rozwoju funkcji poznawczych [Jin i in. 2017].

Stosowanych jest wiele technik oznaczania PCB, w tym wysokosprawna chromatografia cieczowa (HPLC) (z detektorem UV, fluorescencyjnym (FLD) czy matrycą fotodiodową (DAD)), ultrawysokosprawna chromatografia cieczowa (UPLC), chromatografia gazowa (GC) (wyposażona w detektor wychwytu elektronów (ECD) lub spektrometrii mas (MS)), powierzchniowo wzmocniona spektroskopia Ramana (SERS) czy też powierzchniowy rezonans plazmonowy (SPR). Najpowszechniej stosowaną techniką instrumentalną jest jednak chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas (GC-MS) ze względu na możliwość jednoznacznej detekcji cząsteczek w złożonej matrycy oraz wysoką czułość metody [Moukas i in. 2014, Ahmad i in. 2019]. Przeprowadzono wiele badań mających na celu określenie zawartości PCB w środowisku, jednak nieliczne zostały wykonane na terenie Polski w celu zbadania stężeń tych aromatycznych związków w glebie.

Zważywszy na tak ogromny negatywny wpływ PCB na cały globalny ekosystem, podjęto badania, których celem była optymalizacja i walidacja metody oznaczania tych ksenobiotyków w glebie oraz ich analiza w próbkach pobranych z terenu Podkarpacia.

II. METODYKA BADAŃ

Badania rozpoczęto od przeprowadzenia analizy chromatograficznej wzorca mieszaniny PCB w trybie pełnego skanowania (*full scan*) w celu określenia czasu retencji określonych kongenerów (PCB 10, 28, 52, 138, 153 i 180). Zastosowano parametry pracy chromatografu (model 7890A, Agilent Technologies, USA) takie jak: temperatura linii transferowej 280°C, temperatura dozownika 280°C, temperatura źródła jonów 300°C, temperatura kwadrupola 180°C, przepływ gazu 1 ml/min, program temperaturowy pieca: 120°C utrzymywane przez 2 min, wzrost 15°C/min do 280°C utrzymywane przez 5 min, wzrost 28°C/min do 320°C, utrzymywane przez 10 min [Wojtowicz i Jakubowicz 2019].

Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie analizy w trybie monitorowania pojedynczych jonów (SIM) dla mieszaniny wzorców PCB o stężeniu 10 mg/kg. W tabeli 1 zestawiono monitorowane jony jakościowe oraz ilościowe badanych kongenerów PCB. W celu wyznaczenia krzywej wzorcowej, ze wzorca analitycznego przygotowano 6 roztworów o stężeniach PCB w zakresie od 0,0006 mg/kg do 10 mg/kg PCB.

Tabela 1 - *Table 1*

Monitorowane jony PCB [m/z] / *Monitored PCB ions [m/z]*

Kongener / *Congener*	Jon ilościowy / *Qualification ion*	Jon jakościowy / *Quantification ion*
PCB 10	222	152,1
PCB 28	256	186
PCB 52	290	220
PCB 138	357,9	290
PCB 153	357,9	289,9
PCB 180	391,9	323,9

Proces optymalizacji metody polegał na dodaniu do probówek polipropylenowych o poj. 50 ml po 5 g gleby, 0,1 ml wzorca – mieszaniny PCB o stężeniu 10 mg/kg oraz 10 ml wody, a następnie 9,9 ml wybranego odczynnika do ekstrakcji: mieszaninę aceton:heksan (1:4, v/v) lub heksan lub eter naftowy. Na wytrząsarce mechanicznej typu vortex (Benchmark Scientific Inc., USA) mieszano zawartość próbek przez 1 min. Następnie dodano mieszaninę soli ekstrakcyjnych, w której skład wchodziło: 4 g siarczanu magnezu, 1 g chlorku sodu, 1 g dwuwodnego cytrynianu sodu i 0,5 g seskwihydratu cytrynianu sodu. Zawartość probówek wytrząsano przez 1 min i odwirowano (Centrifuge 5804 R, Eppendorf, Niemcy) przez 5 minut przy obrotach 5000 rpm, a następnie 5 ml ekstraktów przeniesiono do probówek polipropylenowej o poj. 15 ml zawierających sorbenty do oczyszczania i 900 mg siarczanu magnezu. Na etapie oczyszczania sprawdzono 2 rodzaje sorbentów: PSA (150 mg) oraz Florisil (1 g). Zawartość probówek wytrząsano przez 1 min i odwirowano przez 5 min przy obrotach wirówki 5000 rpm. Oczyszczone ekstrakty przeniesiono do fiolek chromatograficznych.

Walidację przeprowadzono stosując zoptymalizowaną metodę przygotowania próbek tzn. ekstrakcję heksanem i oczyszczanie poprzez dyspersyjną ekstrakcję do fazy stałej (dSPE) z użyciem Florisilu. Próbki gleby poddano procesowi fortyfikacji na poziomie 0,005 mg/kg i 1 mg/kg. Analizy wykonano w 3 powtórzeniach. Średni odzysk oraz precyzję obliczono dla każdego poziomu wzbogacenia. Jako granicę oznaczalności (LOQ) przyjęto najniższy poziom wzbogacenia, dla którego odzysk i precyzja były poprawne.

Zoptymalizowana i zwalidowana metoda została zastosowana do analizy PCB w 13 próbkach gleby pobranych z terenu Podkarpacia. W tabeli 2 przedstawiono próbki rzeczywiste wraz z miejscem ich pochodzenia.

Tabela 2 - *Table 2*

Próbki rzeczywiste / *Real samples*

Nr próbki *Sample number*	Miejsce pobrania / *Sampling place*
1	Słup energetyczny 100 k700 – Giedlarowa / *Utility pole 100 k700 – Giedlarowa*
2	Wiatrak – Głuchów / *Wind turbine – Głuchów*
3	Wiatrak 2 – Głuchów / *Wind turbine 2 – Głuchów*
4	Tory kolejowe 1 – Głuchów / *Railroad tracks 1 – Głuchów*
5	Tory kolejowe 2 – Głuchów / *Railroad tracks 2 – Głuchów*
6	Tory kolejowe – Krzemienica / *Railroad tracks – Krzemienica*
7	Słup energetyczny 75 – Giedlarowa / *Utility pole 75 – Giedlarowa*
8	Wiatrak złącze – Głuchów / *Windmill connector – Głuchów*
9	Słup energetyczny – Biedaczów / *Utility pole – Biedaczów*
10	Transformator – Biedaczów / *Electric transformer –Biedaczów*
11	Rozdzielnia prądu – Krzemienica / *Electric power distribution – Krzemienica*
12	Ogród / *Garden*
13	Szklarnia ogrodowa / *Greenhouse*

III. WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że najlepszym rozpuszczalnikiem do ekstrakcji PCB 10, 28, 138, 153 i 180 był heksan, zaś sorbentem stosowanym do

oczyszczania Florisil. Średni odzysk dla wszystkich kongenerów PCB wyniósł 95,7%, a precyzja 4,2%. Szczegółowe dane przedstawia tabela 3.

Tabela 3 - *Table 3*

Średnie odzyski dla kongenerów PCB / *Average recoveries for PCB congeners*

Poziom wzbogacenia *Fortification level*	PCB 10	PCB 28	PCB 52	PCB 138	PCB 153	PCB 180
0,005 mg/kg	89,5±2,3	98,6±2,4	84,2±2,3	87,7±2,1	99,4±1,7	94,1±4,2
1 mg/kg	61,0±1,4	74,4±0,3	81,8±0,5	79,8±0,5	92,9±0,5	92,4±0,3

Po zastosowaniu innych układów odczynników i sorbentów, otrzymano odzyski w zakresie 108,5-160,5% oraz precyzję od 4,2% do 55,8%.

13 próbek rzeczywistych pobranych z terenu Podkarpacia zostało poddanych badaniu przy zastosowaniu zoptymalizowanej metody. Zawartość kongenerów PCB jak: 10, 28, 52, 138 i 153 była poniżej LOQ (< 0,005 mg/kg) we wszystkich próbkach rzeczywistych. Stężenie PCB 180, powyżej LOQ, zostało oznaczone jedynie w glebie pochodzącej z terenu torów kolejowych w Głuchowie i wynosiło ono 0,007 mg/kg. Wartość ta nie przekracza dopuszczalnego poziomu określonego w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Dz.U. 2016 poz. 1395), który wynosi od 0,02 mg/kg do 2 mg/kg w zależności od rodzaju gruntów [Rozporządzenie 2016].

Inni autorzy, którzy badali zawartość PCB w próbkach gleby pobranej z terenu południowo-wschodniej Polski zanieczyszczonej olejem transformatorowym, wykazali największe stężenie PCB 52 (2,82 mg/kg s.m) oraz PCB 28 – 1,49 mg/kg s.m. [Wojtowicz i Jakubowicz 2019]. Próbki pobrane w Kapsztadzie zawierały PCB 180, którego stężenie było równe 0,142 mg/kg, co świadczy o znacznym zanieczyszczeniu tamtych terenów [Olatunji 2019]. Analiza wykonana w województwie zachodniopomorskim w Polsce wykazała obecność tych syntetycznych związków w glebie pobranej z pól uprawnych w zakresie od 0,0002 mg/kg do 0,0005 mg/kg [Witczak i Abdel-Gawada 2012].

Do środowiska zostało przeniesione 80% rocznej produkcji PCB w wyniku procesów parowania, wycieków, spopielenia i niewłaściwego przechowywania odpadów na wysypiskach śmieci. Zważywszy na długi okres półtrwania oraz odporność na rozkład, związki te są kumulowane w środowisku w osadach oraz glebie [Starek 2001]. Przewidywanie losów PCB jest możliwe zważywszy na wartość współczynnika podziału oktanol - woda (log K_{ow}). Wartość log K_{ow} powyżej 6 wskazuje na tendencję do kumulacji tych ksenobiotyków w glebie [Aken i in. 2009].

IV. PODSUMOWANIE

PCB to związki syntetyczne, których dystrybucja została zakazana w Polsce w roku 2010. Jednak są one nadal wykrywane na całym świecie ze względu na długi okres półtrwania oraz odporność na degradację. Ze względu na toksyczny wpływ na środowisko oraz zdrowie człowieka istnieje potrzeba skutecznego wykrywania tych związków. Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazano, że najlepszą metodą przygotowania próbki do badania jest ekstrakcja heksanem oraz oczyszczanie metodą dSPE przy zastosowaniu Florisilu. Metoda ta jest skuteczna do oznaczania PCB w próbkach gleby. Średni odzysk dla wszystkich kongenerów PCB wyniósł 95,7%, natomiast precyzja 4,2%. W próbkach

gleby pobranych z terenu Podkarpacia nie wykryto PCB, z wyjątkiem jednej próbki, w której oznaczono PCB 180 na poziomie LOQ zoptymalizowanej metody.

Informacja o finansowaniu badań: *Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości". Umowa nr RID/SP/0010/2024/1*.

BIBLIOGRAFIA

1. Ahmad I., Weng J., Stromberg A.J., Hilt J.Z., Dziubla T. 2019. Fluorescence Based Detection of Poly Chlorinated Biphenyls (PCBs) in Water Using Hydrophobic Interaction. The Analyst. 144(2). 677-684. DOI:10.1039/c8an00867a.
2. Aken B.V., Correa P. A., Schnoor J. L. 2010. Phytoremediation of Polychlorinated Biphenyls: New Trends and Promises†. Environmental Science & Technology. 44(8). 2767-2776. DOI:10.1021/es902514d.
3. Elabbas L.E., Westerholm E., Roos R., Halldin K., Korkalainen M., Viluksela M., Håkansson H. 2013. Non-dioxin-like polychlorinated biphenyls (NDL-PCBs) in foods: exposure and health hazards. Persistent Organic Pollutants and Toxic Metals in Foods. 215-260. DOI:10.1533/9780857098917.2.215.
4. Erickson M.D., Kaley R.G. 2010. Applications of polychlorinated biphenyls. Environmental Science and Pollution Research. 18(2). 135-151. DOI:10.1007/s11356-010-0392-1.
5. Jin W., Otake M., Eguchi A., Sakurai K., Nakaoka H., Watanabe M., Mori C. 2017. Dietary Habits and Cooking Methods Could Reduce Avoidable Exposure to PCBs in Maternal and Cord Sera. Scientific Reports. 7(1). DOI:10.1038/s41598-017-17656-9.
6. Kaw H.Y., Kannan N. 2016. A Review on Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in South Asia with a Focus on Malaysia. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 242. 153-181. DOI:10.1007/398_2016_14.
7. Kiani A., Arabameri M., Shariatifar N., Mehraie A., Tooryan F., Ghanbariasad A., Shahsavari S. 2023. Analysis of polychlorinated biphenyls (PCBs) in dairy products by modified QuEChERS/GC-QqQ-MS/MS method: A risk assessment study. Food Sci Nutr. 10.11(6). 2895-2906. DOI: 10.1002/fsn3.3269.
8. Kumar B., Verma V.K., Singh S.K., Kumar S., Sharma C.S., Akolkar A.B. 2014. Polychlorinated biphenyls in residential soils and their health risk and hazard in an industrial city in India. Journal of Public Health Research. 3(2). DOI:10.4081/jphr.2014.252.
9. Moukas A.I., Thomaidis N.S., Calokerinos A.C. 2014. Determination of polychlorinated biphenyls by liquid chromatography-atmospheric pressure photoionization-mass spectrometry. Journal of Mass Spectrometry. 49(11). 1096-1107. DOI:10.1002/jms.3427.
10. Olatunji O.S. 2019. Evaluation of selected polychlorinated biphenyls (PCBs) congeners and dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) in fresh root and leafy vegetables using GC-MS. Scientific Reports. 9(1). 538. DOI:10.1038/s41598-018-36996-8.
11. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 24 czerwca 2002 r. w sprawie wymagań w zakresie wykorzystywania i przemieszczania substancji stwarzających szczególne zagrożenie dla środowiska oraz wykorzystywania i oczyszczania instalacji lub urządzeń, w których były lub są wykorzystywane substancje stwarzające szczególne zagrożenie dla środowiska. Dz.U. 2002 nr 96 poz. 860. [dok. elektr.

https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20020960860/O/D20020860.pdf data wejścia 24.06.2024].
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2016, Poz. 1395. [dok. elektr. *http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20160001395/O/D20161395.pdf* data wejścia 24.06.2024].
13. Starek A. 2001. Polichlorowane bifenyle - toksykologia – ryzyko zdrowotne. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny. 52(3). 187-201.
14. Vorkamp K., Odsbjerg L., Langeland M., Mayer P. 2016. Utilizing the partitioning properties of silicone for the passive sampling of polychlorinated biphenyls (PCBs) in indoor air. Chemosphere. 160. 280-286. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.06.054.
15. Witczak A., Abdel-Gawad H. 2012. Comparison of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls residues in vegetables, grain and soil from organic and conventional farming in Poland. Journal of Environmental Science and Health. Part B. 47(4). 343-354. DOI:10.1080/03601234.2012.646173.
16. Wojtowicz K., Jakubowicz P. 2019. Opracowanie metodyki oznaczania polichlorowanych bifenyli w próbkach gleb. Nafta-Gaz. 75. 420-429. DOI: 10.18668/NG.2019.07.06.

OPTIMIZATION AND VALIDATION OF THE METHODS FOR THE DETERMINATION OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN SOIL

Summary

Polychlorinated biphenyls (PCBs) are synthetic aromatic compounds produced in large quantities around the world since the 1930s, the synthesis of which was banned in the 1970s. These compounds were widely used, among others, as dielectric fluids in capacitors and transformers, grease and plasticizers. Due to the properties of these compounds, such as resistance to chemical degradation and long half-life (from 3 to 40 years), they constitute persistent environmental pollutants. The highest amounts are found in the soil, but they can also be determined in the air, sediments, water, plants and even living organisms. The aim of the work was to optimize and validate the method for determining PCB congeners 10, 28, 138, 153 and 180 in soil. As part of the method optimization, three extraction reagents and two types of purification sorbents were tested. Validation was performed at two fortification levels to determine the recovery and precision of the method. The optimized and validated method was used to analyze the content of selected PCB congeners in real samples collected from the Podkarpacie region. Based on the conducted research, it was shown that the best reagent for the extraction of PCBs from soil is hexane, and the best sorbent for purification is Florisil. The concentration of PCB 10, 28, 52, 138 and 153 in the analyzed real samples was below the limit of quantification (LOQ<0.005 mg/kg). PCB 180 was determined at a level of 0.007 mg/kg in soil taken from the area next to the railway lines in Głuchów.

Keywords: polychlorinated biphenyls, soil, pollution, optimization, validation

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 99-106. rok 2024

ARTUR JACHIMOWSKI

Katedra Technologii i Ekologii Wyrobów, Instytut Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, e-mail: *jachimoa@uek.krakow.pl*

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ W KONTEKŚCIE NOWYCH ZMIAN W CIEPŁOWNICTWIE SYSTEMOWYM

W artykule przedstawiono znaczenie modernizacji systemów ciepłowniczych w kontekście zrównoważonego rozwoju, wskazując na ich kluczową rolę w redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz poprawie jakości powietrza. Zrównoważony rozwój wymaga poszukiwania rozwiązań problemów wytwórczych i organizacyjnych z rozważaniem skutków ich zastosowania w gospodarce, społeczeństwie i w środowisku przyrodniczym. Jest to szczególnie istotne w energetyce. Ciepłownictwo systemowe, które dostarcza ciepło do obszarów zurbanizowanych, jest wskazane jako rozwiązanie efektywne i ekologiczne. W pracy wskazano na nowe zmiany technologiczne i regulacje prawne w polskim ciepłownictwie, podkreślając potrzebę zwiększenia efektywności energetycznej oraz wykorzystania odnawialnych źródeł energii i kogeneracji. Celem artykułu jest przedstawienie nowych rozwiązań w ciepłownictwie systemowym, które wspierają retardację niekorzystnych zmian w szeroko pojętym środowisku co przyczynia się do jego ochrony oraz poprawy jakości życia mieszkańców.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, ciepłownictwo systemowe, efektywny system

I. WSTĘP

Zrównoważony rozwój stanowi koncepcję, która zakłada harmonijny rozwój społeczny i gospodarczy w zgodzie z funkcjonowaniem środowiska przyrodniczego, zapewniając spełnianie potrzeb obecnych pokoleń bez uszczerbku dla możliwości przyszłych pokoleń [Tomislav 2018, Hariram i in. 2023]. Oznacza to konieczność racjonalnego gospodarowania zasobami przyrody, minimalizowanie negatywnego wpływu na środowisko oraz wspieranie efektywności energetycznej [Nassani i in. 2021]. W kontekście transformacji energetycznej, jednym z kluczowych elementów zrównoważonego rozwoju jest modernizacja systemów ciepłowniczych, które odgrywają istotną rolę w redukcji emisji gazów cieplarnianych i poprawie jakości powietrza [Skwierz i in. 2021, Zathey i in. 2022].

Należy podkreślić, że ciepłownictwo systemowe, dostarczające ciepło do miast i obszarów zurbanizowanych, od lat jest uznawane za efektywny i ekologiczny sposób ogrzewania [Ricci i in. 2022, Talarek i in. 2023]. Poprzez centralizację wytwarzania ciepła i wykorzystanie nowoczesnych technologii, systemy te pozwalają na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, w tym szkodliwych substancji, takich jak pyły zawieszone i benzoalfapiren, które w dużej mierze odpowiadają za smog [Ciepiela i Sobczyk 2018, Mbiydzenyuy i in. 2021, Raport Czyste Ciepło 2023]. Dodatkowo, ciepłownictwo systemowe sprzyja poprawie efektywności energetycznej, zwłaszcza gdy wdrażane są innowacyjne rozwiązania, takie jak kogeneracja.

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.10

Z danych GUS wynika, że ciepło systemowe jest wciąż najczęściej wykorzystywanym źródłem ogrzewania w polskich domach. W 2021 roku korzystało z niego ponad 52% gospodarstw domowych, głównie w dużych miastach, gdzie stanowiło dominujący sposób ogrzewania. Ponadto, 41,1% wszystkich gospodarstw domowych, korzystało z ciepłej wody dostarczanej z sieci [Kapica i in. 2023]. Aby rozszerzyć ten zasięg, konieczne jest ułatwienie rozbudowy sieci ciepłowniczych, co jest wyzwaniem nie tylko z powodu produkcji ciepła, ale także dostosowania infrastruktury odbiorczej. W Polsce, ze względu na skomplikowane przepisy dotyczące przeprowadzania sieci przez prywatne nieruchomości, proces uzyskiwania zezwoleń może trwać nawet kilkanaście miesięcy. W efekcie wielu inwestorów wybiera lokalne źródła ogrzewania, które są bardziej szkodliwe dla środowiska.

Aby poprawić efektywność energetyczną, konieczne jest wprowadzenie krajowych regulacji, które ułatwią budowę i modernizację sieci ciepłowniczych. Obecnie funkcjonowanie systemów ciepłowniczych regulowane jest m.in. przez rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 15 stycznia 2007 roku. Ważnym kierunkiem rozwoju powinno być także zwiększenie udziału kogeneracji, czyli jednoczesnej produkcji energii elektrycznej i ciepła, co znacząco podnosi efektywność energetyczną całego systemu.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie nowych zmian w ciepłownictwie systemowym, które mają kluczowe znaczenie dla zrównoważonego rozwoju. Przedstawione zostaną innowacje technologiczne oraz regulacje prawne, które wspierają modernizację tego sektora. Artykuł podkreśla również, w jaki sposób rozwój ciepłownictwa systemowego przyczynia się do ochrony środowiska, ograniczenia degradacji ekosystemów i poprawy jakości życia mieszkańców miast.

II. METODA PRACY

Dokonano pogłębionego przeglądu literatury, aby zbadać nowe zmiany w ciepłownictwie systemowym w kontekście zrównoważonego rozwoju. Analizowano teorie, badania empiryczne oraz regulacje dotyczące transformacji energetycznej w Polsce. Skupiono się na źródłach związanych z efektywnością energetyczną oraz nowoczesnymi technologiami, a także na wpływie ciepłownictwa na życie mieszkańców. W badaniach uwzględniono również kluczowe dokumenty strategiczne, jak Polityka energetyczna Polski do 2040 roku, aby zrozumieć kierunki rozwoju i wpływ regulacji na modernizację systemów ciepłowniczych oraz ochronę środowiska.

III. WYNIKI

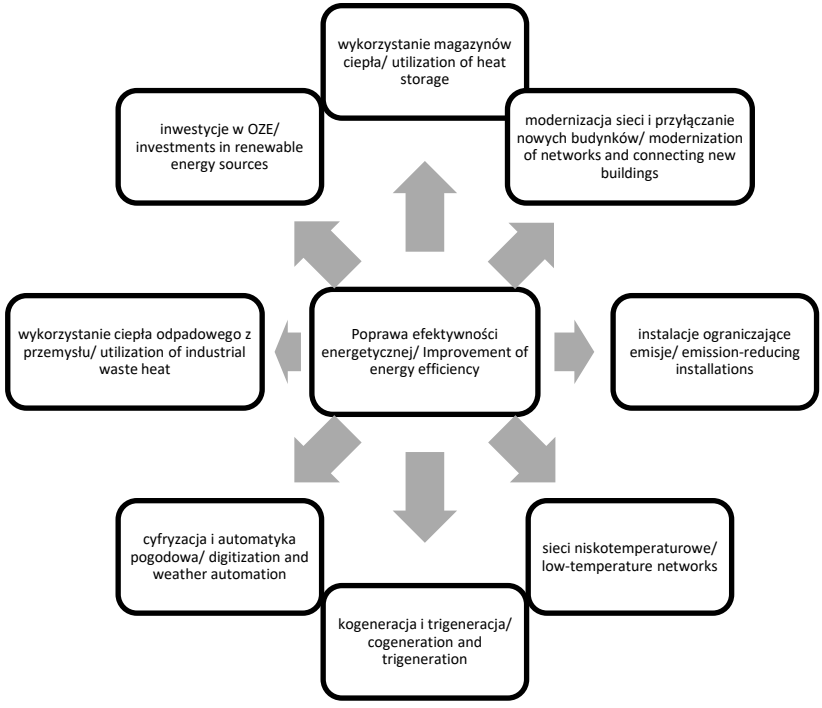
Zmiany w ciepłownictwie systemowym

Polski sektor ciepłowniczy dzieli się na dwie części: ciepłownictwo systemowe, nadzorowane przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, oraz ciepłownictwo niesystemowe, obejmujące m.in. domowe źródła ogrzewania [Tomaszewski 2020]. Obie te części przyczyniają się do dużej emisji zanieczyszczeń, ponieważ opierają się głównie na paliwach węglowych, które stanowią 66,2% zużywanych surowców [Raport URE 2023]. Dlatego nowe zmiany w ciepłownictwie systemowym mają na celu modernizację tego sektora w kierunku bardziej zrównoważonych i ekologicznych rozwiązań. W obliczu rosnących wymogów związanych z redukcją emisji CO_2 i odejściem od węgla, wprowadzane są regulacje wspierające rozwój niskoemisyjnych źródeł energii, takich jak kogeneracja i odnawialne źródła energii [Wojdyga i Chorzelski 2017, Rubczyński 2022, Talarek i in. 2023].

Wzrost cen za emisję CO_2 podniósł koszty dla firm ciepłowniczych, co negatywnie wpłynęło na ich finanse, ponieważ taryfy nie odzwierciedlają w pełni tych podwyżek [Dolatowski i Wasiak 2020]. Ceny w ciepłownictwie systemowym są ustalane głównie na podstawie decyzji

Ministerstwa Klimatu i Środowiska oraz Urzędu Regulacji Energetyki [Kryczka i in. 2024]. Dodatkowym problemem jest trudność w uznaniu systemu ciepłowniczego za "efektywny", co ogranicza jego rozwój. Efektywny system ciepłowniczy, zgodnie z definicją zawartą w Dyrektywie EED [Dyrektywa w sprawie efektywności …] i przeniesioną do polskiego Prawa energetycznego [Ustawa Prawo Energetyczne 1997], to taki system, który do produkcji ciepła lub chłodu wykorzystuje przynajmniej 50% energii z odnawialnych źródeł lub 50% ciepła odpadowego. Alternatywnie, może bazować w 75% na ciepłownictwie opartym na kogeneracji, czyli jednoczesnej produkcji energii elektrycznej i ciepła. Efektywny system może także wykorzystywać kombinację tych źródeł, pod warunkiem że stanowią one łącznie co najmniej 50% zużywanej energii [Wiśniewski i in. 2019]. Dlatego potrzebna jest kompleksowa transformacja sektora w stronę bardziej zrównoważonych, niskoemisyjnych rozwiązań.

Poprawa efektywności energetycznej systemów ciepłowniczych opiera się na kilku kluczowych działaniach (rys. 1). Należą do nich: wykorzystanie magazynów ciepła, modernizacja sieci i przyłączanie nowych budynków, inwestycje w instalacje ograniczające emisje oraz sieci niskotemperaturowe. Kogeneracja i trigeneracja zwiększają efektywność, a cyfryzacja i automatyka pogodowa optymalizują działanie systemów. Ważne jest również wykorzystanie ciepła odpadowego z przemysłu oraz inwestowanie w OZE, takie jak biomasa i energia słoneczna. Działania te wspierają transformację w kierunku niskoemisyjnych systemów ciepłowniczych [Raport Czyste Ciepło 2023].



Rys. 1. Działania wpływające na poprawę efektywności energetycznej systemów ciepłowniczych. Źródło: opracowanie własne na podstawie [Raport Czyste Ciepło 2023]

***Fig. 1**. Actions Influencing the Improvement of Energy Efficiency in District Heating Systems. Source: own elaboration based on [Raport Czyste Ciepło 2023]*

Polskie władze planują kierować transformacją branży ciepłowniczej za pomocą trzech kluczowych dokumentów: Strategii dla ciepłownictwa do 2030 roku (z perspektywą do 2040 roku) [Projekt Uchwały Rady Ministrów 2023], Polityki energetycznej Polski do 2040 roku [PEP2040 2021] oraz Krajowego Planu na Rzecz Energii i Klimatu na lata 2021-2030 [KPEiK 2019]. Dodatkowo, środki z Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności mają wspierać modernizację sektora ciepłowniczego [KPO 2024]. W lipcu 2024 roku Komisja Europejska zatwierdziła zmiany w KPO [Zakończenie rewizji KPO 2024].

Szczególnym dokumentem jest PEP 2040, który opiera się na trzech kluczowych filarach transformacji energetycznej. Pierwszy filar zakłada, że proces ten musi jednocześnie eliminować ubóstwo energetyczne i zastępować miejsca pracy związane z wydobyciem paliw kopalnych nowymi w sektorze odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz energetyce jądrowej, w tym w ciepłownictwie. Drugi filar promuje tworzenie zeroemisyjnego systemu energetycznego, w którym ważną rolę odgrywa energetyka lokalna i gminna, co może pobudzić prosumencką produkcję ciepła, podobnie jak w przypadku energii elektrycznej. Trzeci filar kładzie nacisk na jakość powietrza, co wymaga modernizacji systemów ogrzewania, zwłaszcza tych opartych na domowych piecach [Ballak 2022, Talarek i in. 2023]. Finalnie PEP 2040 przewiduje gruntowną modernizację polskiego ciepłownictwa poprzez większe wykorzystanie OZE, gazu i wysokosprawnej kogeneracji. Do 2030 roku planuje się wyeliminować węgiel w miastach, a do 2040 na terenach wiejskich. Celem jest, by w 2040 roku wszystkie gospodarstwa domowe korzystały z ciepła systemowego lub niskoemisyjnych źródeł. Dotyczy to też innych sektorów gospodarki, które będą musiały ograniczać emisje nie tylko ze względów wizerunkowych, ale też ekonomicznych; koszty wykorzystywania wysokoemisyjnych źródeł będą rosły [Gawin 2022].

Priorytetem dla Polski jest dostosowanie się do regulacji unijnych, które nakazują stopniowe odejście od węgla i promują zrównoważone źródła energii, co ma przyspieszyć transformację energetyczną. Nie można zapomnieć o pakiecie Fit for 55, który wprowadza szereg regulacji mających na celu redukcję emisji gazów cieplarnianych w UE o co najmniej 55% do 2030 roku [Raport Dekarbonizacja … 2022]. Natomiast w sektorze ciepłownictwa miejskiego kluczowe są trzy dyrektywy: dotycząca efektywności energetycznej (EED) [Dyrektywa w sprawie efektywności…], odnawialnych źródeł energii (RED III) [Dyrektywa w sprawie odnawialnych …] oraz charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) [Dyrektywa 2024/1275 …].

Systemy ciepłownicze, ze względu na elastyczność umożliwiają stosowanie różnych technologii konwersji energii do produkcji ciepła. Przegląd nowych technologii i ich łączenia w celu poprawy rentowności oraz rozwój OZE omówiono w następującej publikacji [Salman i in. 2021], natomiast optymalne planowanie przyszłych systemów w [Jiang i in. 2022]. Kluczowe zalecenia dla systemów czwartej generacji (4GDH) oraz przeszkody związane z obniżaniem temperatur w systemach trzeciej generacji (3GDH) przedstawiono w pracy [Averfalk i Werner 2017]. Z kolei perspektywy dla funkcjonowania systemów czwartej generacji oraz piątej generacji (5GDH) przedstawiono w publikacji [Lund i in. 2021]. Analizę czterdziestu europejskich sieci ciepłowniczych opisano w pracy [Buffa i in. 2019].

Nowe rozwiązania technologiczne

W obszarach, gdzie możliwe jest dostarczanie ciepła z efektywnych systemów ciepłowniczych, priorytetem powinno być wykorzystanie ciepła systemowego. Taki model zwiększa efektywność surowców, poprawia komfort życia i ogranicza niską emisję. Celem na 2030 rok jest modernizacja systemów ciepłowniczych, aby 85% z nich o mocy powyżej 5 MW spełniało kryteria efektywności energetycznej, opierając się na OZE, kogeneracji lub ciepłu odpadowym. Wyzwania technologiczne i finansowe obejmują rozwój źródeł takich jak biomasa,

biogaz, energia słoneczna i geotermalna, z planowanym udziałem OZE na poziomie 28,4% w 2030 roku. W okresie przejściowym ważną rolę odegra gaz ziemny, a także rozwój magazynów ciepła, co usprawni zarządzanie systemami [Gawin 2022]. Szczególnie odnawialne źródła energii budzą duże zainteresowanie w sektorze ciepłownictwa, zwłaszcza w odniesieniu do niskotemperaturowych sieci [Neirotti i in. 2019, Østergaard i in. 2022]. Szansą na zwiększenie efektywności i rozwój ciepłownictwa jest technologia power to heat - wykorzystanie energii elektrycznej z farm wiatrowych do produkcji ciepła [Talarek i in. 2023].

Innym rozwiązaniem jest stosowanie kogeneracji w ciepłownictwie systemowym, która polega na jednoczesnym wytwarzaniu ciepła i energii elektrycznej w jednym procesie technologicznym [Bujalski 2020, Rezaei i in. 2021]. Jest to rozwiązanie zwiększające efektywność energetyczną, ponieważ pozwala na maksymalne wykorzystanie paliwa, redukując jednocześnie emisję szkodliwych substancji [Ziarkowski 2020, Rubczyński 2022]. Kogeneracja odgrywa kluczową rolę w modernizacji systemów ciepłowniczych, przyczyniając się do ich transformacji w kierunku zrównoważonego rozwoju i niższej emisyjności [Montazerinejad i Eicker 2022]. Natomiast, w Polityce energetycznej Polski do 2040 roku podkreślono konieczność rozwoju kogeneracji [PEP2040 2021]. Zwrócono uwagę na potrzebę stałego zaspokajania zapotrzebowania na energię, przy jednoczesnym maksymalnym wykorzystaniu krajowych zasobów i technologii przyjaznych dla środowiska [Ziarkowski 2020].

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, termin retardacja przekształcania ekosystemów, czyli opóźnienie procesów degradacji środowiska [Poskrobko i Kostecka 2016, Kostecka 2017], nabiera znaczenia w kontekście nowych zmian w ciepłownictwie systemowym. Zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii, kogeneracji, czy odzysku ciepła odpadowego, zmniejsza presję na zasoby naturalne i ogranicza emisję zanieczyszczeń. Modernizacja systemów ciepłowniczych, m.in. przez inwestycje w technologie niskoemisyjne i efektywne zarządzanie energią, pozwala spowolnić negatywne zmiany w ekosystemach, wspierając zrównoważony rozwój i ochronę środowiska.

IV. PODSUMOWANIE

Zrównoważony rozwój odgrywa kluczową rolę w modernizacji ciepłownictwa, szczególnie w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych i poprawy jakości powietrza. Ciepłownictwo systemowe, które jest efektywne i ekologiczne, ma duży potencjał, zwłaszcza w miastach, jednak jego rozwój wymaga zmian regulacyjnych oraz zwiększonych inwestycji.

Zwiększenie roli kogeneracji i odnawialnych źródeł energii (OZE), takich jak biomasa czy energia geotermalna, jest kluczowe dla spełnienia norm emisyjnych i realizacji celów energetycznych Polski. Kogeneracja pozwala na jednoczesną produkcję ciepła i energii elektrycznej, co poprawia efektywność, stabilizuje ceny energii oraz zwiększa bezpieczeństwo energetyczne. Równie ważne jest inwestowanie w technologie magazynowania energii i modernizację sieci, co umożliwi lepsze zarządzanie niestabilnymi źródłami, jak OZE.

Obecnie obowiązujące regulacje spowalniają rozwój ciepłownictwa. Wprowadzenie bardziej elastycznych przepisów, zgodnych z unijnymi dyrektywami, oraz programów wsparcia finansowego mogłoby znacząco przyspieszyć modernizację systemów ciepłowniczych.

Z kolei, inwestorzy powinni koncentrować się na innowacyjnych technologiach, które poprawiają efektywność energetyczną i redukują emisje. Hybrydowe systemy ciepłownicze, łączące tradycyjne i odnawialne źródła energii, oferują przyszłościowe rozwiązania, które dywersyfikują ryzyko i zwiększają elastyczność operacyjną. Dlatego modernizacja ciepłownictwa w Polsce wymaga zintegrowanego podejścia, obejmującego innowacyjne technologie, dostosowane regulacje oraz odpowiednie wsparcie finansowe.

BIBLIOGRAFIA

1. Averfalk H., Werner S. 2017. Essential improvements in future district heating systems. Energy Procedia. 116. 217-225. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.069.
2. Ballak M. 2022. Wyzwania polityki energetycznej Polski do 2040 roku. Wybrane przyrodnicze i prawno-administracyjne aspekty energetyki odnawialnej w Polsce. 61-82. [w:] Świątek M. Wybrane przyrodnicze i prawno-administracyjne aspekty energetyki odnawialnej w Polsce. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Szczecin.
3. Buffa S., Cozzini M., D'antoni M., Baratieri M., Fedrizzi R. 2019. 5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 104. 504-522. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.059.
4. Bujalski W. 2020. Szanse i zagrożenia dla rozwoju kogeneracji. Nowa Energia. 1(71). 29-35.
5. Ciepiela M., Sobczyk W. 2018. Przykłady rozwiązań technologicznych i urbanistycznych ograniczających powstawanie smogu kwaśnego. Edukacja-Technika-Informatyka. 9(1). 60-65.
6. Dolatowski M., Wasiak R. 2020. Czemu rosną ceny energii w Polsce? Zasady działania europejskiego systemu handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS) i jego wpływ na rynek energii w Polsce. [w:] Co do zasady. studia i analizy prawne. WIW Services. Warszawa. 75-88.
7. Dyrektywa w sprawie efektywności energetycznej 2012/27/UE. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1399375464230&uri=CELEX:32012L0027. Dostęp: 19.09.2024 r.
8. Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii 2018/2001/UE. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01 .0082.01.ENG&toc =OJ:L:2018:328:TOC. Dostęp: 19.09.2024 r.
9. Dyrektywa 2024/1275 z dnia 24 kwietnia 2024 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401275. Dostęp: 19.09.2024 r.
10. Gawin R. (red.). 2022. W drodze do bezpiecznej i czystej energii, czyli jak napisać rynek na nowo. Urząd Regulacji Energetyki. Departament Komunikacji Społecznej. Warszawa.
11. Hariram N.P., Mekha K.B., Suganthan V., Sudhakar K. 2023. Sustainalism: An integrated socio-economic-environmental model to address sustainable development and sustainability. Sustainability. 15(13). 10682. https://doi.org/10.3390/su151310682.
12. Jiang M., Rindt C., Smeulders D. M. 2022. Optimal planning of future district heating systems-a review. Energies. 15(19). 7160. https://doi.org/10.3390/en15197160.
13. Kapica K., Kozieł A., Matysiak J., Twaróg D., Plutecki P., Machowska K., Dudzińska-Dracz D., Mikołajuk H., Nowotarska J., Stosio M., Juchno A., Kacprowska J., Galewski K., Moskal I., Dzwolak J., Dembicz E. 2023. Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2021 roku. GUS. Warszawa. Rzeszów.
14. Kostecka J. 2017. Odniesienia koncepcji retardacja przekształcania zasobów przyrody do wybranych aktów prawnych w kontekście budowania zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym. Inżynieria Ekologiczna. 18(6). 1-15. DOI: 10.12912/23920629/79430.
15. KPO 2024. https://www.kpo.gov.pl/. Dostęp: 20.09.2024 r.
16. KPEiK 2019. Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030. Wersja 2019. https://www.gov.pl/web/klimat/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu. Dostęp: 20.09.2024.
17. Kryczka D., Staniszewska Z., Wałach A. 2024. Dekarbonizacja ciepłownictwa systemowego w Polsce – szanse i wyzwania. https://www.ey.com/pl_pl/law/dekarbonizacja-cieplownictwa-systemowego-w-polsce-esg-fy25. Dostęp: 22.09.2024.
18. Lund H., Østergaard P.A., Nielsen T.B., Werner S., Thorsen J.E., Gudmundsson O., Arabkoohsar A., Mathiesen, B.V. 2021. Perspectives on fourth and fifth generation district heating. Energy. 227. 120520. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120520.

19. Mbiydzenyuy G., Nowaczyk S., Knutsson H., Vanhoudt, D., Brage, J., Calikus E. 2021. Opportunities for machine learning in district heating. Applied Sciences. 11(13). 6112. https://doi.org/10.3390/app11136112.
20. Montazerinejad H., Eicker U. 2022. Recent development of heat and power generation using renewable fuels: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 165. 112578. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112578.
21. Nassani A.A., Aldakhil A.M., Zaman K. 2021. Ecological footprints jeopardy for mineral resource extraction: efficient use of energy, financial development and insurance services to conserve natural resources. Resources Policy. 74. 102271. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102271.
22. Neirotti F., Noussan M., Riverso S., Manganini G. 2019. Analysis of different strategies for lowering the operation temperature in existing district heating networks. Energies. 12(2). 321. https://doi.org/10.3390/en12020321.
23. Østergaard D.S., Smith K.M., Tunzi M., Svendsen S. 2022. Low-temperature operation of heating systems to enable 4th generation district heating: A review. Energy. 248. 123529. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123529.
24. PEP2040 2021. Polityka Energetyczna Polski do 2024 r. Ministerstwo Klimatu i Środowiska. Załącznik do uchwały nr 22/2021 Rady Ministrów z dnia 2 lutego 2021 r. Warszawa. https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski. Dostęp: 20.09.2024.
25. Poskrobko B., Kostecka J. 2016. Retardacja w świadomości społecznej. Polish Journal for Sustainable Development. 20. 145-160.
26. Projek uchwały Rady Ministrów w sprawie przyjęcia Strategii dla ciepłownictwa do 2030 r. z perspektywą do 2040 r. 2023. https://www.gov.pl/web/premier/projek-uchwaly-rady-ministrow-w-sprawie-przyjecia-strategii-dla-cieplownictwa-do-2030-r-z-perspektywa-do-2040-r2. Dostęp: 20.09.2024 r.
27. Raport Czyste Ciepło. Kompendium dobrych praktyk w branży ciepłowniczej. 2023. Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie. Warszawa. https://cieplosystemowe.pl/ogranicz-emisje/. Dostęp: 20.09.2024.
28. Raport Dekarbonizacja ciepłownictwa systemowego w Polsce w świetle pakietu "Fit for 55". 2022. Polskie Towarzystwo Elektrowni Zawodowych, Kraków, Polska.
29. Raport URE „Energetyka cieplna w liczbach-2022". Warszawa. 2023. https://www.ure.gov.pl/pl/cieplo/energetyka-cieplna-w-l/11407,2022.htm. Dostęp: 22.09.2024.
30. Rezaei M., Sameti M., Nasiri F. 2021. Biomass-fuelled combined heat and power: Integration in district heating and thermal-energy storage. Clean Energy. 5(1). 44-56.
31. Ricci M., Sdringola P., Tamburrino S., Puglisi G., Donato E. D., Ancona M. A., Melino F. 2022. Efficient district heating in a decarbonisation perspective: a case study in Italy. Energies. 15(3). 948. https://doi.org/10.3390/en15030948.
32. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 15 stycznia 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemów ciepłowniczych. Poz. 92. Dz.U. Nr 16. https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20070160092. Dostęp: 19.09.2024.
33. Rubczyński A. 2022. Ciepłownictwo-zapomniany sektor energii. Ciągle z szansą na sukces pomimo spóźnionego startu. Nowa Energia. 1(82). 52-60.
34. Salman C.A., Li H., Li P., Yan J. 2021. Improve the flexibility provided by combined heat and power plants (CHPs)- a review of potential technologies. e-Prime-Advances in Electrical Engineering. Electronics and Energy. 1. 100023. https://doi.org/10.1016/j.prime.2021.100023.
35. Skwierz S., Lewarski M., Krupin V., Gorzałczyński A., Jeszke R., Pyrka M., Rosłaniec M., Rabiega W., Boratyński J., Tatarewicz I., Witajewski-Baltvilks J., Wąs A., Kobus P.,

Tobiasz I., Tylka A., Cygler M., Sekuła M. 2021. Polska net-zero 2050. Podręcznik transformacji energetycznej dla samorządów. Instytut Ochrony Środowiska – PIB IOŚ.
36. Talarek K., Knitter-Piątkowska A., Garbowski T. 2023. Challenges for district heating in Poland. Discover Energy. 3(1). 5. https://doi.org/10.1007/s43937-023-00019-z.
37. Tomaszewski R. 2020. Ciepło do zmiany. Jak zmodernizować sektor ciepłownictwa systemowego w Polsce? Polityka Insight. https://zasoby.politykainsight.pl/pi2/pdf/Polityka_Insight_-_Cieplo_do_zmiany.pdf. Dostęp: 22.09.2024.
38. Tomislav K. 2018. The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues. Zagreb International Review of Economics & Business, 21(1), 67-94. https://doi.org/10.2478/zireb-2018-0005.
39. Ustawa z dnia 10 kwietnia 2007 r. Prawo Energetyczne 1997. t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 266, 834, 859. https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU19970540348. Dostęp: 19.09.2024 r.
40. Wiśniewski G., Więcka A., Gręda D., Zarzeczna J., Tokarczyk P., Kowalak T. 2019. OZE i magazyny ciepła w miejskich systemach ciepłowniczych. Analiza kosztów i możliwości przeciwdziałania wzrostom cen ciepła. Energetyka Cieplna i Zawodowa. 5. 102-110.
41. Wojdyga K., Chorzelski M. 2017. Chances for Polish district heating systems. Energy Procedia. 116. 106-118. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.059.
42. Zakończenie rewizji KPO – Rada Unii Europejskiej zaakceptowała rewizję polskiego KPO. 2024. Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej. https://www.gov.pl/web/fundusze-regiony/zakonczenie-rewizji-kpo--rada-unii-europejskiej-zaakceptowala-rewizje-polskiego-kpo. Dostęp: 20.09.2024.
43. Zathey M., Lesiw-Głowacka K., Chmiel P., Mańkowska-Bigus K., Pastucha A. 2022. Strategia energetyczna Dolnego Śląska – kierunki wsparcia sektora energetycznego. Załącznik do Uchwały Nr 6053/VI/22 Zarządu Województwa Dolnośląskiego z dnia 25 października 2022 r. Instytut Rozwoju Terytorialnego. Wrocław.
44. Ziarkowski M. 2020. Szanse i kierunki transformacji ciepłownictwa systemowego w Polsce. Internetowy Kwartalnik Antymonopolowy i Regulacyjny (iKAR). 9(6). 28-42.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF NEW CHANGES IN DISTRICT HEATING

Summary

The article highlights the importance of modernizing district heating systems in the context of sustainable development, emphasizing their key role in reducing greenhouse gas emissions and improving air quality. Sustainable development requires seeking solutions to production and organizational problems while considering the impact of their implementation on the economy, society, and the natural environment. This is particularly important in the energy sector. District heating, which supplies heat to urban areas, is identified as an efficient and environmentally friendly solution. The paper discusses new technological advancements and legal regulations in the Polish district heating sector, emphasizing the need to improve energy efficiency, and the use of renewable energy sources and cogeneration. The aim of the article is to present new solutions in district heating that support the retardation of adverse environmental changes, contributing to its protection and improving the quality of life for residents.

Keywords: sustainable development, district heating, efficient heating system

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 107-112. rok 2024

MATEUSZ JAKUBIAK

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: *jakubiak@agh.edu.pl*

WYKORZYSTANIE BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH DO RETARDACJI PRZEKSZTAŁCANIA ZASOBÓW ŚRODOWISKA

Gwałtowny postęp techniczny przyczynia się do powstawania narzędzi, które w coraz szerszym zakresie wspierają retardację przekształcania zasobów przyrodniczych. Wielowirnikowe bezzałogowe statki powietrzne (BSP) ze względu na swoją mobilność znajdują zastosowanie w monitoringu, badaniach i ochronie środowiska przyrodniczego. Potencjał wykorzystania BSP wzrasta wraz z dostępnością czujników oraz kamer multispektralnych i termowizyjnych. W artykule omówiono wybrane przykłady zastosowania bezzałogowych statków powietrznych w działaniach mających wpływ na retardację przekształcania zasobów środowiska, w szczególności ich zastosowanie w monitoringu jakości powietrza, składowisk odpadów komunalnych, instalacji energetycznych i pożarów.

Słowa kluczowe: monitoring środowiska, kamery multispektralne i termowizyjne, jakość powietrza, składowiska odpadów komunalnych, instalacje fotowoltaiczne, farmy wiatrowe

I. WSTĘP

Wzrost efektywności wykorzystania zasobów naturalnych jest jednym z kluczowych sposobów wpływających na retardację przekształcania zasobów środowiska. Wyższa efektywność sprzyja ograniczeniu korzystania z nowych zasobów. Jednymi z czynników, które mają istotny wpływ na podniesienie efektywności jest wprowadzenie kontroli poprzez monitoring z wykorzystaniem nowych technologii. Gwałtowny postęp techniczny ostatnich dekad przyczynia się do rozwoju narzędzi, które w coraz szerszym zakresie wspierają retardację przekształcania zasobów przyrodniczych, również poprzez ułatwienie monitoringu samych zasobów, jak również monitoringu instalacji wykorzystujących zasoby. Wśród nowych technologii stosowanych w inżynierii i ochronie środowiska niewątpliwie należy wymienić wielowirnikowe bezzałogowe statki powietrzne (BSP). Urządzenia te, ze względu na swoją mobilność, znalazły zastosowanie w szeroko rozumianych działaniach z zakresu monitoringu środowiska i instalacji wykorzystujących zasoby środowiskowe jak również w badaniach i ochronie środowiska przyrodniczego. Potencjał wykorzystania BSP wzrasta wraz z dostępnością czujników oraz kamer multispektralnych i termowizyjnych. Dzięki takiemu wyposażeniu BSP umożliwiają obserwacje zmian zachodzących w monitorowanych ekosystemach oraz podejmowanie działań interwencyjnych chroniących zasoby. Poziom precyzji i zakres możliwych do wykonania badań wzrasta wraz z rozwojem technologicznym.

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.11

W niniejszym artykule omówiono wybrane przykłady zastosowania bezzałogowych statków powietrznych w działaniach mających wpływ na retardację przekształcania zasobów środowiska.

II. MATERIAŁ I METODY

W pracy dokonano przeglądu literatury zamieszczonej w dostępnych bazach danych, w tym m.in. Google Scholar i Scopus, uwzględniając zarówno prace oryginalne, jak i przeglądowe. Zwrócono szczególną uwagę na najnowsze piśmiennictwo, tj. opublikowane w ostatnim dziestoleciu.

Analizowano zastosowania bezzałogowych statków powietrznych w działaniach mających wpływ na retardację przekształcania zasobów środowiska, w szczególności ich zastosowanie w monitoringu jakości powietrza, składowisk odpadów komunalnych, instalacji energetycznych i pożarów

III. WYNIKI

Monitoring powietrza

Monitoring wielu komponentów środowiska coraz częściej jest wspomagany przez BSP. Emisje naturalnych i antropogenicznych zanieczyszczeń do atmosfery, w postaci pyłów, aerozoli i zanieczyszczeń gazowych, wpływają na środowisko przyrodnicze i zdrowie ludzi. Szczegółowe dane ilościowe, jakościowe, oraz rozkład przestrzenny zanieczyszczeń powietrza są niezbędne nie tylko przy określaniu ich wpływu na zdrowie ludzi i środowisko ale również do rozpoznawania i eliminacji źródeł nielegalnych emisji. Najbardziej istotny wpływ na jakość środowiska mają emisje z elektrowni i elektrociepłowni wykorzystujących paliwa kopalne, lokalne systemy ogrzewania budynków, transport i produkcja przemysłowa. BSP umożliwiają szybkie i kompleksowe zbieranie danych o stanie powietrza w pobliżu źródeł zanieczyszczeń. Duża mobilność i precyzyjność BSP umożliwia monitorowanie jakości powietrza in-situ i emisji czy badanie trendów atmosferycznych, związanych ze zmianami klimatu. Monitoring jest niezbędny do zapewnienia zgodnej z normami jakości powietrza w terenach zurbanizowanych i przemysłowych [Villa i in. 2016]. BSP mogą być wyposażone w urządzenia do pobierania próbek [Allen i in. 2015], które później badane są w warunkach laboratoryjnych lub w czujniki i analizatory dokonujące pomiaru bezpośrednio podczas wykonywanej misji [Rohi i in. 2020]. Możliwości wykorzystania BSP w badaniach zanieczyszczeń atmosferycznych rozwinęły się wraz z miniaturyzacją czujników, które muszą być wystarczająco lekkie, aby mogły być unoszone przez drony. Nowoczesne technologie rozwinęły również systemy przechowywania/przesyłania danych oraz umożliwiły zasilanie czujników z efektywnych, lekkich, przenośnych źródeł zasilania wystarczających do wykonania pomiarów [Chiliński i in. 2018]. Dostępne czujniki umożliwiają wykorzystanie BSP do monitoringu między innymi zanieczyszczeń pyłowych (PM2.5, PM10) oraz stężeń tlenków węgla (CO, CO_2), tlenków azotu, dwutlenku siarki, ozonu, lotnych związków organicznych, amoniaku czy pary wodnej [Rohi i in. 2020, Son i in. 2021].

W terenach zabudowanych BSP są coraz częściej wykorzystywane do badania nielegalnych emisji z budynków jednorodzinnych i wykrywania miejsc spalania odpadów w domowych systemach centralnego ogrzewania [Chiliński i in. 2018, Son i in. 2021]. Ze względu na istotny problem smogu w Polsce coraz częściej Straż Miejska, uprawniona do kontroli domowych palenisk, wykorzystuje BSL do identyfikacji budynków, z których emisje mogą wskazywać na spalanie odpadów. Czujniki zainstalowane na BSP mogą wykryć w spalinach unoszących się z komina związki cyjanowodoru i formaldehydu. Ich udział

w emitowanych spalinach może świadczyć o spalaniu odpadów w instalacji ogrzewania budynku. Takie wstępne rozpoznanie, które zgodnie z obowiązującymi przepisami nie może stanowić podstawy do nałożenia kary finansowej, poprzedza szczegółową kontrolę paleniska wykonywaną przez Straż Miejską. BSP wykorzystywane są przez Straż Miejską w wielu miastach w Polsce np. Warszawie, Krakowie, Katowicach. W Krakowie, ze względu na lokalne przepisy zupełnie zakazujące ogrzewania budynków paliwami stałymi, już samo wykrycie wysokiej zawartości pyłu na wylocie komina potwierdza złamanie obowiązujących przepisów.

Monitoring składowisk odpadów komunalnych

BSP są również wykorzystywane do monitoring instalacji i budynków w celu utrzymania ich efektywności, redukcji zużycia zasobów środowiskowych, wczesnego wykrywania zagrożeń. Szerokie wykorzystanie BSP opiera się na różnorodności czujników i kamer, które mogą być unoszone przez drony.

Jednym z przykładów operatorów instalacji coraz szerzej wykorzystujących BSP są zarządzający składowiskami odpadów komunalnych. Ze względu na swoją specyfikę składowiska wymagają nieustannego monitorowania. Materia organiczna deponowanych odpadów podlega procesom rozkładu, które uwalniają ciepło, biogaz składowiskowy i odcieki. Kontrola składowiska umożliwia uniknięcie emisji do środowiska niebezpiecznych substancji. Bezzałogowe statki powietrzne zrewolucjonizowały prowadzenie monitoringu emisji CH_4 umożliwiając identyfikacje strumieni emisji ze składowiska. Przy monitoringu składowisk odpadów wykorzystuje się BSP wyposażone w urządzenia do pobierania próbek gazów cieplarnianych, ze szczególnym uwzględnieniem pomiarów emisji metanu [Allen i in. 2015] oraz bezpośredni pomiar in-situ przez BSP wyposażonego w czujniki metanu [Fosco i in. 2024]. Ze względu na bardzo duże rozmiary wielu składowisk przy pomocy dronów wyposażonych w kamery RGB mogą być kontrolowane zdalnie wszystkie główne operacje technologiczne związane z odpadami na składowiskach [umieszczanie, zagęszczanie, izolacja pośrednia), stan obudowy składowiska czy zgodność budowy składowiska i instalacji z wymaganiami projektowymi [Filkin i in. 2021]. BSP wyposażone w czujniki i kamery termiczne są narzędziem, które umożliwia kontrolę temperatury składowisk odpadów. Monitorowanie pozwala na zidentyfikowanie obszarów wysokich temperatur związanych z możliwymi emisjami biogazu, rozkładającą się materią organiczną lub pożarami podziemnymi. Ich identyfikacja i lokalizacja pozwala na podjęcie działań zaradczych [Sedano-Cibrián i in. 2023].

Monitoring pożarów

Drony wyposażone w kamery termowizyjne są pomocne nie tylko w ograniczaniu pożarów składowisk odpadów poprzez wczesne wykrywanie miejsc o podwyższonej temperaturze ale znajdują również zastosowanie przy monitorowaniu samych pożarów jak i pogorzeliska. Ułatwiają akcję gaszenia pożaru przez co wpływają na zmniejszenie emisji do atmosfery i ograniczenie zniszczenia środowiska. Zespoły strażackie, dzięki monitoringowi wizyjnemu wykonywanemu przy pomocy dronów, mogą otrzymać dokładniejsze informacje o obszarach i miejscach zlokalizowania ognisk płomienia, kierunkach i prędkości rozprzestrzeniania się pożaru. Zwiększona świadomość sytuacyjna dotyczącą rozprzestrzeniania się pożaru pomaga szybko i precyzyjnie planować działania mające na celu zwalczanie pożaru, ograniczanie jego skutków, w tym emisji substancji toksycznych do atmosfery [Oleniacz i in. 2023]. Zarówno w przypadku pożarów lasów, składowisk czy obiektów przemysłowych, BSP wyposażone w kamery termalne bardziej

efektywnie niż naziemne kontrole mogą monitorować miejsce po pożarze w poszukiwaniu żarzących się pozostałości, które mogą doprowadzić do ponownego wybuchu pożaru [Allison i in. 2016]. Monitoring wizyjny z wykorzystaniem dronów pomaga również na oszacowania szkód po pożarze np. w lasach, oraz precyzyjne zaplanowanie działań naprawczych [Ecke i in. 2022].

Monitoring instalacji energetycznych

Ograniczenie zużycia energii elektrycznej, efektywność energetyczna, oraz zwiększanie udziału zielonej energii z odnawialnych źródeł energii są kluczowe dla ograniczenia wykorzystania zasobów naturalnych. Sektor energetyczny wymaga monitorowania zarówno instalacji produkujących jak i przesyłających energię. Aby zapewnić nieprzerwaną dystrybucję energii elektrycznej i ograniczyć jej straty konieczne jest skuteczne monitorowanie i konserwacja linii energetycznych. Monitoring przy użyciu BSP może obejmować zarówno komponenty linii energetycznych jak również monitoring wizyjny roślinności wokół nich [Matikainen i in. 2016]. Przy obecnie dostępnych technologiach monitorowanie może odbywać się przy użyciu automatycznych systemów zbierających i przetwarzających obrazy rejestrowane przez BSP wyposażone w kamery termowizyjna umożliwiają wykrycie problemów z przewodnością i hotspoty na liniach energetycznych, transformatorach i podstacjach elektrycznych [Larrauri i in. 2013].

BSP znalazły zastosowanie również w monitoringu farm fotowoltaicznych i elektrowni wiatrowych. Analiza wydajności i konserwacja farm słonecznych mają kluczowe znaczenie dla zapewnienia wydajności i trwałości ich ogniw fotowoltaicznych. Kontrola degradacji paneli słonecznych lokalnie jest niezwykle czasochłonna w przypadku dużych farm. BSP, wyposażone w kamery termowizyjne, ułatwiają i przyspieszają zarówno inspekcję degradacji jak i analizę wydajności paneli słonecznych [Akay i in. 2024, Michail i in. 2024]. Monitorowanie farm solarnych z użyciem kamer termowizyjnych zainstalowanych na dronach umożliwia również wykrywania pyłu pokrywającego panele i podejmowanie działań zaradczych. Warstwa pyłu gromadząca się na powierzchni paneli może odpowiadać za zmniejszenia produkcji energii nawet do 15% w skali roku [Márquez i Ramírez 2019].

BSP okazały się również bardzo przydatne w inspekcjach farm wiatrowych. Tradycyjna, ręcznych metoda monitoringu stanu dużych łopat turbin wiatrowych jest czasochłonna, pracochłonna i kosztowna. Kontrola łopat jest niezbędna w celu zapewnienia ciągłości produkcji energii elektrycznej i wydłużenia czasu funkcjonowania elektrowni wiatrowej. Coraz częściej inspekcje łopat turbiny wiatrowej dokonuje się wykorzystując kamery przenoszone przez drony. Wykorzystanie BSP skraca czas wyłączania turbiny i zwiększa precyzję kontroli. Ocenę stanu łopat turbiny wiatrowej można też dokonywać przy użyciu zautomatyzowanego algorytmu analizującego obraz z kamery [Li i in. 2022]. Do kontroli jakości turbin wiatrowych opracowano też system monitorowania oparty na analizie akustycznej turbin wiatrowych osadzony w bezzałogowym statku powietrznym. System przechwytuje, wysyła i przetwarza dźwięk emitowany w gondoli do odbiornika akustycznego w stacji naziemnej [Sánchez i in. 2024].

IV. PODSUMOWANIE

Retardacja przekształcania zasobów środowiska jest kluczową dla spełnienia wymagań i osiągania celów zrównoważonego rozwoju. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań technologicznych jakimi są bezzałogowe statki powietrzne wyposażane w zaawansowane czujniki i kamery możliwe jest monitorowanie emisji i instalacji wykorzystujących naturalne

zasoby. Kontrola umożliwia zwiększenie efektywności pracy instalacji oraz sprzyja ograniczeniu ich negatywnego wpływu na środowisko.

BIBLIOGRAFIA

1. Akay S.S., Özcan O., Özcan O., Yetemen Ö. 2024. Efficiency analysis of solar farms by UAV-based thermal monitoring. Eng Sci Technol an Int J. 53. X-Y. doi:10.1016/j.jestch.2024.101688.
2. Allen G., Pitt J., Hollingsworth P. 2015. Measuring landfill methane emissions using unmanned aerial systems : field trial and operational guidance. [Dokument elektr.: *https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/480568/Measuring_landfill_methane_emissions_report.pdf.* data wejścia 20.06.2024].
3. Allison R.S., Johnston J.M., Craig G., Jennings S. 2016. Airborne optical and thermal remote sensing for wildfire detection and monitoring. Sensors. 16(8). 1310. doi:10.3390/s16081310.
4. Chiliński M.T., Markowicz K.M., Kubicki M. 2018. UAS as a Support for Atmospheric Aerosols Research: Case Study. Pure Appl Geophys. 175(9). 3325-3342. doi:10.1007/s00024-018-1767-3.
5. Ecke S., Dempewolf J., Frey J., Schwaller A., Endres E., Hans-Joachim Klemmt H-J., Tiede D., Seifert T. 2022. UAV-Based Forest Health Monitoring: A Systematic Review. Remote Sens. 14(13). 3205. doi.org/10.3390/rs14133205.
6. Filkin T., Sliusar N., Ritzkowski M., Huber-Humer M. 2021. Unmanned aerial vehicles for operational monitoring of landfills. Drones. 5(4). 125. doi:10.3390/drones5040125.
7. Fosco D., De Molfetta M., Renzulli P., Notarnicola B. 2024. Progress in monitoring methane emissions from landfills using drones: an overview of the last ten years. Sci Total Environ. 945. 173981. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.173981.
8. Larrauri J.I., Sorrosal G., Gonzalez M. 2013 Automatic system for overhead power line inspection using an Unmanned Aerial Vehicle - RELIFO project. 2013 Int Conf Unmanned Aircr Syst ICUAS 2013 - Conf Proc. Published online 244-252. doi:10.1109/ICUAS.2013.6564696.
9. Li W., Zhao W., Gu J., Fan B., Du Y. 2022. Dynamic characteristics monitoring of large wind turbine blades based on target‐free DSST Vision Algorithm and UAV. Remote Sens. 14(13). 3113. doi:10.3390/rs14133113.
11. Márquez F.P.G., Ramírez I.S. 2019. Condition monitoring system for solar power plants with radiometric and thermographic sensors embedded in unmanned aerial vehicles. Measurement. 139. 152-162. doi.org/10.1016/j.measurement.2019.02.045.
10. Matikainen L., Lehtomäki M., Ahokas E., et al. 2016. Remote sensing methods for power line corridor surveys. ISPRS J Photogramm Remote Sens. 119. 10-31. doi:10.1016/j.isprsjprs.2016.04.011.
12. Michail A., Livera A., Tziolis G., et al. 2024. A comprehensive review of unmanned aerial vehicle-based approaches to support photovoltaic plant diagnosis. Heliyon. 10(1). e23983. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e23983.
13. Oleniacz R., Drzewiecki W., Gorzelnik T. 2023. Assessment of the impact of waste fires on air quality and atmospheric aerosol optical depth: A case study in Poland. Energy Reports. 9. 16-38. doi:10.1016/j.egyr.2023.03.087.
14. Rohi G., Ejofodomi O., Ofualagba G. 2020. Autonomous monitoring, analysis, and countering of air pollution using environmental drones. Heliyon. 6(1). e03252. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03252.

15. Sánchez P.B., Ramírez I. S, Márquez F.P.G, Marugán A.P. 2024. Acoustic signals analysis from an innovative UAV inspection system for wind turbines. Struct Heal Monit. 1-14. doi:10.1177/14759217241262970.
16. Sedano-Cibrián J., de Luis-Ruiz J.M., Pérez-Álvarez R., Pereda-García R., Tapia-Espinoza J.D. 2023. 4D Models Generated with UAV Photogrammetry for Landfill Monitoring Thermal Control of Municipal Solid Waste (MSW) Landfills. Appl Sci. 13(24). 13164. doi:10.3390/app132413164.
17. Son S.W., Yu J.J, Kim D.W., Park H.S., Yoon J.H. 2021. Applications of Drones for Environmental Monitoring of Pollutant-Emitting Facilities. Pnie. 2(4). 298-304. doi:10.22920/PNIE.2021.2.4.298.
18. Villa T., Gonzalez F., Miljevic B., Ristovski Z.D., Morawska L. 2016. An overview of small unmanned aerial vehicles for air quality measurements: Present applications and future prospectives. Sensors 16(7). 12-20. doi:10.3390/s16071072.

THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES TO RETARD THE TRANSFORMATION OF ENVIRONMENTAL RESOURCES

Summary

Rapid technological progress contributes to the development of tools that increasingly support the retardation of the transformation of natural resources. Multi-rotor unmanned aerial vehicles (UAVs), due to their mobility, are used in monitoring, research, and protection of the natural environment. The potential for using UAVs is growing with the availability of sensors and multispectral and thermal cameras. The article focuses on selected examples of the use of UAVs in activities affecting the retardation of the transformation of environmental resources, in particular, their use in monitoring air quality, municipal landfills, energy installations, and wildfires.

Keywords: environmental monitoring, multispectral and thermal cameras, air quality, municipal landfills, photovoltaic installations, wind farms

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 113-124. rok 2024

RADOSŁAW JÓZEFCZYK[1], SZAJNA ANNA[2], MACIEJ BALAWEJDER[1]

[1]Zakład Chemii i Toksykologii Żywności, Instytut Technologii Żywności i Żywienia, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 1a, 35-601 Rzeszów, e-mail: *rjozefczyk@ur.edu.pl*
[2]studentka kierunku Technologia Żywności i Żywienia, Uniwersytet Rzeszowski

WPŁYW PROCESU OZONOWANIA NA PARAMETRY TEKSTURY, AKTYWNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNĄ I WŁAŚCIWOŚCI ORGANOLEPTYCZNE DŻEMÓW Z OWOCÓW BORÓWKI WYSOKIEJ I JABŁEK

Owoce borówki wysokiej i jabłka poddano działaniu mieszaniny powietrza z ozonem. Ozon generowany był poprzez wyładowania koronowe w stężeniu 1, 10 i 100 ppm przez 5 minut w przypadku jabłek, stanowiących wsad i 30 min w przypadku borówki amerykańskiej będącej głównym surowcem do wykonania dżemów. Wykonane dżemy zostały poddane ocenie organoleptycznej na podstawie wybranych cech sensorycznych jak: barwa, zapach, smak, konsystencja, smarowność, faktura. Ocenie została poddana również tekstura dżemu, przy użyciu maszyny wytrzymałościowej, za pomocą testu TPA, podającego następujące parametry: twardość, siła niszcząca, praca ściskania, adhezyjność, sprężystość, gumistość. Wykonano również analizy biochemiczne, wyznaczając aktywność antyoksydacyjną wobec DPPH oraz zawartość polifenoli z użyciem metody Folina-Ciocialteu. Porównanie dżemów przygotowanych z owoców borówki i jabłek poddanych procesowi ozonowania atmosferą ozonową o stężeniach 1 ppm w czasie 5 minut dla jabłek oraz 10 i 100 ppm dla owoców borówki w czasie 30 minut, wykazało, że: 1) uprzednie ozonowanie nie ma istotnego wpływu na cechy sensoryczne wykonanych z nich dżemów, z wyjątkiem użycia najwyższej dawki ozonu (100 ppm), 2) wpływa w sposób istotny, ale co do kierunku niejednoznaczny i zależny od mierzonego parametru na teksturę wyznaczoną z użyciem standardowego testu TPA (twardość, siła niszcząca, praca ściskania, adhezyjność, sprężystość, gumistość), ze wskazaniem na podniesienie twardości i wielkości pochodnych. 3) wpływa w sposób istotny na aktywność antyoksydacyjną dżemów borówkowych oraz zawartość polifenoli dżemów jabłkowych. 4) ponadto, oceniane parametry sensoryczne i tekstury oraz aktywność antyoksydacyjna i zawartość polifenoli w gotowych dżemach, w istotny sposób zależą od rodzaju użytego owocu.

Słowa kluczowe: ozon, dżem, borówka wysoka, aktywność antyoksydacyjna, tekstura

I. WSTĘP

Obecnie uzasadnione jest poszukiwanie metod pozwalających osiągać różne formy spowalniania zużywania zasobów środowiska [Kostecka i in. 2023]. Dlatego rozwiązując problemy z zakresu przechowywania żywności poszukuje się sposobów wydłużania czasu jej przechowywania, czy ograniczania strat oraz ilości odpadów surowców roślinnych. Takie efekty zmniejszają obciążenie środowiska produkcją żywności. W przechowalnictwie korzystne

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.12

zastosowanie wydaje się mieć ozon [Balawejder i in. 2016], bo można go wykorzystywać do krótkotrwałego oddziaływania gazowego na powierzchni np. warzyw i owoców [Ziarno i Zaręba 2015]. Ozon odznacza się silnymi właściwościami dezynfekcyjnymi, wysoką reaktywnością i szybką, samoistną konwersją do tlenu, przez co nie pozostawia pozostałości [Bukała 2013]. Ozon wpływa korzystnie na wydłużenie czasu przechowywania takich owoców i warzyw jak jabłka, winogrona, pomarańcze, gruszki, maliny, truskawki, brokuły czy ogórki [Kroskowiak i in. 2007]. Charakter oddziaływania silnego utleniacza jakim jest ozon na owoce polega na aktywacji mechanizmów antyoksydacyjnych skutkujących podniesieniem parametrów aktywności antyoksydacyjnej, co może być jednym z ciekawszych aspektów użycia ozonu w stosunku do owoców [Piechowiak i in. 2020, Michalski 2016].

Niniejsza praca jest próbą odpowiedzi na pytanie czy proces ozonowania owoców borówki i jabłka zmieni właściwości wykonywanego z nich dżemu.

II. MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły owoce borówki wysokiej *(Vaccinium corymbosum L.)* odmiany '*Bluecrop'* zakupione na rynku lokalnym w ilości 7 kg, oraz jabłka *(Malus domestica Borkh)* odmiany '*Papierówka'* z lokalnej uprawy ekologicznej, pochodzące podobnie, z okolic Rzeszowa w ilości 18 kg. Owoce były zdrowe, bez objawów uszkodzeń, zmian chorobotwórczych oraz procesów gnilnych.

Układ doświadczenia

Część owoców przeznaczono na próbę kontrolną, zaś pozostałą ilość podzielono na części poddane procesowi ozonowania atmosferą o różnych stężeniach ozonu w powietrzu zgodnie z tabelą 1. Następnie zrobiono z nich dżemy wg proporcji wymienionych w tej samej tabeli i pasteryzowano. Celem identyfikacji, każdemu dżemowi przypisano odpowiedni kod. Gotowe dżemy poddano ocenie organoleptycznej, a następnie pomiarom tekstury oraz analizom biochemicznych parametrów jakościowych. Obejmowały one zawartość całkowitą związków polifenolowych i aktywność antyoksydacyjną.

Ozonowanie owoców

Ozonowanie owoców przeprowadzono w komorze o objętości 7 dm^3 z perforowanym dnem umożliwiającym cyrkulację powietrza. Owoce rozłożono pojedynczą warstwą w komorze do ozonowania. Do komory wprowadzono rurkę z dyfuzorem ozonu generowanym w ozonatorze Korona L5 Zdrowa Żywność (produkcja Piotrków Trybunalskich) drogą wyładowań koronowych z powietrza jako gazu substratowego. Stężenie ozonu w komorze kontrolowano przy użyciu analizatora stężeń ozonu firmy 2B Technologies model 106 M. Owoce ozonowano w następujących stężeniach: jabłko- 1ppm, borówka- 10 oraz 100 ppm. Proces trwał 30 min w przypadku owoców borówki oraz 5 min w przypadku jabłek. Czas oraz użyte stężenia procesu ozonowania zestawiono w tabeli 1. Po ozonowaniu owoce pozostawiono w ciemnym, chłodnym miejscu do następnego dnia, kiedy wykonano dżemy. Czas miał aktywować procesy biologiczne przez użyty ozon.

Sposób wykonania dżemów

Przed użyciem owoce płukano w wodzie bez dodatków, a jabłka obrano ze skórki i pozbawiono komór nasiennych. Owoce borówki wysokiej w przetworach takich jak dżemy występują zwykle jako dodatek, dlatego bazą były jabłka, a owoce borówki miały udział 67%, przy czym wykonano także dżemy czyste, borówkowe oraz jabłkowe jako kontrolne, zarówno z owoców nie poddanych, jak też poddanych procesowi obróbki atmosferą ozonową w różnych stężeniach ozonu. Uzyskano finalnie wiele wariantów z podwójną kontrolą włącznie (tab. 1).

Dżemy wykonano według następującej proporcji: na 1 kg owoców przypadało 400 g cukru oraz 100 ml wody. Każdy w 3 powtórzeniach, w słoikach 300 ml. Gorący dżem przelano do wyparzonych słoików i szczelnie zamknięto, słoiki z dżemem poddano pasteryzacji, po czym przechowywano w chłodnym i ciemnym miejscu w temperaturze około 10°C, do momentu przeprowadzenia badań.

Tabela 1 – *Table 1*

Rodzaj wykonanych dżemów: proporcje surowców i sposób traktowania atmosferą ozonową wraz z przypisanym kodem / *Type of jams made: proportions of raw materials and method of treatment with ozone atmosphere along with the assigned code*

Rodzaj dżemu *Type of jams*	Kod dżemu *Jam Code*	Ilość dodanego surowca na 100g dżemu / *Amount of added raw material per 100g of jam*		Stężenie ozonu; czas ozonowania *Ozone concentration, ozonation time*
		Borówka *Blueberry*	Jabłko *Apple*	
kontrola - jabłkowy nieozonowany *Apple non-ozonated*	Jabłkowy 0 ppm (K) / *Apple*	0 g	100 g	0 ppm
Jabłkowy ozonowany *Apple ozonated*	Jabłkowy 1 ppm *Apple*	0g	100g	1 ppm 5 min
Borówkowy nieozonowany *Blueberry non-ozonated*	Borówkowy 0 ppm *Blueberry*	100 g	0 g	0 ppm
Borówkowy ozonowany *Blueberry ozonated*	Borówkowy 10 ppm *Blueberry*	100 g	0 g	10 ppm 30 min
	Borówkowy 100 ppm *Blueberry*			100 ppm 30 min
Jabłkowo-borówkowy nieozonowany *Apple-blueberry non-ozonated*	Jabłkowo-borówkowy 0 ppm *Apple-blueberry*	67 g	33 g	0 ppm
Jabłkowo-borówkowy ozonowany *Apple-blueberry ozonated*	Jabłkowo (1 ppm)-borówkowy (10 ppm) *Apple-blueberry*	67 g	33 g	1 ppm, 5 min
				10 ppm,30min
	Jabłkowo (1 ppm) borówkowy (100 ppm) *Apple-blueberry*			1ppm, 5 min
				100ppm,30min

Ocena organoleptyczna dżemów

Gotowe dżemy poddano ocenie organoleptycznej przez 10 osób, które wartościowały następujące wyróżniki jakości: barwa, zapach, smak, konsystencja, smarowność, faktura w skali 5 punktowej (1 pkt-min; 5 pkt-max).

Metodyka pomiaru tekstury

Tekstura została oceniona z użyciem maszyny wytrzymałościowej firmy MecMesin Multitest 2.1 z wykorzystaniem czujnika siły o zakresie 1 000 N, statywu o wytrzymałości 2 500 N, przystawek dedykowanych przez producenta do ekstruzji współbieżnej o cylindrze z otworem 6 mm i ekstruzji przeciwbieżnej oraz oprogramowania umożliwiającego analizy tekstury w standardzie testu TPA. Wykonano pomiar dla 24 dżemów (n=3 dla każdego wariantu) z użyciem przystawek

do ekstruzji współbieżnej oraz przystawek do ekstruzji przeciwbieżnej o średnicy cylindra 50 mm oraz proces zagłębiania cylindra o średnicy tłoka 35 mm, co pozwoliło zebrać takie parametry jak: twardość, siła niszcząca, praca ściskania, adhezyjność, sprężystość, gumistość. Otrzymane dane porównano między kategoriami i różnymi analizami z użyciem metod statystycznych.

Analiza wybranych parametrów biochemicznych jakościowych dżemów

Dla dżemów z owoców ozonowanych jak i nieozonowanych, przeprowadzono analizę wybranych biochemicznych parametrów jakościowych, jak oznaczanie aktywności antyoksydacyjnej z użyciem DPPH oraz oznaczanie zawartości polifenoli ogółem.

Aby umożliwić ww. analizy, z dżemów przygotowano ekstrakty metanolowe. Wszystkie dżemy zhomogenizowano, po czym odważono każdy osobno do falconów po 5 g. Następnie do każdego falconu dodano 15 ml metanolu 75% i wytrząsano 15 min (4 x rozc. dżem). Kolejno, próbki dżemów przeniesiono do eppendorfów o objętości 2 ml i wirowano przez 30 minut przy 15 tyś. g. Supernatant przeniesiony do nowych eppendorfów posłużył jako ekstrakt do analiz, czyli oznaczenia aktywności antyoksydacyjnej wobec rodników DPPH i zawartości polifenoli ogółem.

Oznaczanie aktywności antyoksydantów wobec rodników DPPH

Ogół aktywności antyoksydacyjnej badanych dżemów wyrażono jako ekwiwalent troloksu zdolnego do tłumienia aktywności rodników DPPH i przypadającego na 100 g dżemu [mg Trolox/100g], w tym celu:

1. Sporządzono roztwory wzorcowe troloksu w metanolu kolejno rozcieńczając (w proporcji 1 : 1) roztwór podstawowy o stężeniu wyjściowym 2 mg/ml i uzyskując stężenia wzorców: 1,00; 0,50; 0,25; 0,125; 0,0625; 0,03125 mg/ml troloksu,
2. Odpipetowano do płytki trzykrotnie po 5 µl supernatantu nierozcieńczonego,
3. W tym samym czasie, odpipetowano roztwory wzorcowe troloksu w metanolu (po 5 µl) na płytki, potrzebne do przygotowania krzywej wzorcowej,
4. Dodano 195 µl rodników DPPH,
5. Przez 30 minut płytki inkubowano, a następnie zmierzono absorbancję przy 515 nm,
6. Wykreślono krzywą wzorcową opisującą równanie: $y = -0{,}1188x + 0{,}6899$ ($R^2 = 0{,}993$) pozwalające obliczyć aktywność antyoksydacyjną próbek (po uwzględnieniu rozcieńczenia).

Oznaczanie zawartości polifenoli ogółem

Zawartość polifenoli ogółem w dżemach wyrażono jako ekwiwalent kwasu galusowego (GAE) wybarwionego z użyciem odczynnika Folina-Ciocialteu przypadającego na 100 g dżemu [mg GAE/100g], w tym celu:

1. Sporządzono roztwory wzorcowe kwasu galusowego w metanolu kolejno rozcieńczając (w proporcji 1 : 1) roztwór podstawowy o stężeniu wyjściowym 1 mg/ml uzyskując stężenia wzorców: 0,50; 0,25; 0,125; 0,0625; 0,03125 mg/ml kwasu galusowego,
2. Odpipetowano do płytki trzykrotnie po 10 µl supernatantu rozcieńczonego 10-krotnie,
3. W tym samym czasie, odpipetowano roztwory wzorcowe kwasu galusowego w metanolu (po 5 µl) roztworu metanolowego rodników DPPH na płytki, do wykonania krzywej wzorcowej,
4. Dodano po 90 µl wody destylowanej, 20 µl odczynnika Folina Ciocialteu, uprzednio rozcieńczonego z wodą 1:1 i 25 µl 20% Na_2CO_3,
5. Przez 30 min płytki inkubowano w ciemności i zmierzono absorbancję czytnikiem płytek BioTek Epoch przy λ=700nm,
6. Wykreślono krzywą wzorcową, opisującą równanie: $y = -0{,}1617x + 0{,}0567$ ($R^2 = 0{,}9865$) pozwalające obliczyć aktywność antyoksydacyjną próbek (po uwzględnieniu rozcieńczenia).

Opracowanie statystyczne

Wyniki opracowano z użyciem programu Microsoft Excel 2021, oraz programu STATISTICA 13.3 z użyciem jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA. Sprawdzono czy

istnieją korelacje między analizowanymi parametrami. Istotność różnic między średnimi zweryfikowano na podstawie testu Tukeya przy $p \leq 0,05$.

II. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Badając wpływ obróbki atmosferą ozonową owoców borówki wysokiej i jabłek na wykonane z nich dżemy wykonano wielowariantową ocenę tekstury z użyciem metod mechanicznych pozwalającą na zebranie setek jednostkowych wyników parametrów fizycznych takich jak siła, droga przesunięcia, czas działania i ich pochodnych interpretowanych jako parametry tekstury (twardość, gumiastość, adhezyjność, sprężystość itp.) uzupełnioną klasyczną oceną organoleptyczną oraz podstawowymi, w tym przypadku użytecznymi analizami biochemicznymi jak całkowita aktywność antyoksydacyjna (DPPH) i całkowita zawartość związków polifenolowych., Pozwoliło to zebrać materiał wynikowy liczony w setkach pojedynczych adnotacji. Poniżej podano wyniki z podziałem na poszczególne typy analiz, po przeliczeniu danych surowych z uwzględnieniem użytych objętości, masy owoców i zależności mierzonych parametrów od użytych wzorców. Opracowując otrzymane wyniki analiz laboratoryjnych starano się uzyskać odpowiedź na następujące pytania:

a) Czy proces ozonowania surowców przed wykonaniem dżemu wpłynął na jego cechy sensoryczne, co sprawdzono w ocenie organoleptycznej (odpowiedź po analizie wariancji),

b) Czy proces ozonowania surowców przed wykonaniem dżemu wpłynął na wartość mierzonych parametrów tekstury w poszczególnych rodzajach dżemów (odpowiedź po analizie wariancji),

c) Czy wartość aktywności antyoksydacyjnej oraz całkowita wartość polifenoli uległa zmianie w zależności od sposobu wykonania dżemu co starano się udowodnić za pomocą analiz biochemicznych (odpowiedzi udzielono po analizie wariancji),

d) Czy średnia wartość mierzonych parametrów różni się istotnie w zależności od sposobu przygotowania dżemu, co zweryfikowano przy pomocy testu TUKEYA,

e) Czy wartości mierzonych parametrów w poszczególnych dżemach korelują ze sobą.

Ocena organoleptyczna

Ocena organoleptyczna dżemów borówkowych, jabłkowych oraz jabłkowo-borówkowych z surowców ozonowanych i nieozonowanych pozwoliła stwierdzić, że każda z ocenianych kategorii istotnie zależy ($p<0,05$) od rodzaju dżemu, czyli sposobu jego przygotowania.

Intensywniejszą barwę ($p<0,05$) wykazano dla dżemów jabłkowo-borówkowych z surowców ozonowanych w porównaniu do dżemu kontrolnego, czyli nieozonowanego (tab. 2), co sprzeczne jest ze zmianami barwy dżemu obserwowanymi podczas przechowywania [Ścibisz i in. 2011].

W ocenie zapachu, dżemy z surowców ozonowanych (jabłkowy (1 ppm) oraz borówkowy (10, 100 ppm)) posiadały bardziej intensywny zapach ($p<0,05$) w porównaniu do dżemów kontrolnych, które stanowiły czysty dżem jabłkowy oraz czysty dżem borówkowy. Najniższą ocenę zapachu uzyskał dżem z ozonowanych surowców jabłkowo (1 ppm)-borówkowy (100 ppm), który wykazywał wyczuwalny obcy zapach.

Bardziej intensywny ($p<0,05$) w smaku okazał się dżem borówkowy ozonowany (10ppm) w porównaniu do dżemu kontrolnego borówkowego oraz ozonowanego (100ppm). Najniżej oceniano dżem z ozonowanych surowców jabłkowo (1 ppm)-borówkowy(100 ppm), cechujący się najmniej intensywnym smakiem.

W ocenie konsystencji, najlepszy wynik uzyskały dżemy jabłkowe, kontrola oraz ozonowane i borówkowe kontrolne ($p<0,05$).

Najlepszą smarowność, wykazano dla dżemów wykonanych z jabłek; te z udziałem borówek smarowały się gorzej niezależnie od tego, czy surowiec ozonowano (z wyjątkiem tego najsilniej ozonowanego), co jest interpretowane jako wpływ surowca, a nie badanych czynników ($p<0,05$).

W ocenie organoleptycznej faktury, dżemy z owoców ozonowanych i nieozonowanych uzyskały zbliżone wyniki (p>0,05).

Tabela 2 – *Table 2*

Ocena organoleptyczna dżemów borówkowych z udziałem bazy jabłkowej wykonanych z owoców nie poddanych i poddanych procesowi ozonowania dawkami 1-100 ppm w czasie 0-30 min w zależności od wariantu. Podano wartość punktową w skali 1 -5 pkt. (max), przyznaną przez 10 oceniających dla ocenianych cech sensorycznych (wyróżników jakości) / *Sensory evaluation of blueberry jams with apple base made from untreated and ozonated fruit with doses of 1-100 ppm for 0-30 min depending on the variant. A point value on a scale of 1-5 points (max) was given, awarded by 10 assessors for the assessed sensory features (quality characteristics)*

Rodzaj dżemu *Type of Jam*	Kod próbki *Sample code*	Barwa /*Colour*	Zapach /*Aroma*	Smak /*Taste*	Konsystencja *Consistency*	Faktura /*Texture*	Smarowność /*spreadability*	Średnia *Mean* n=10	Średnia rodzaju dżemu *Mean Type of Jam* n=3
Jabłkowy (K) *Apple*	1j0ppm0m	5	4,6	4,9	4,8	4,5	4,5	4,7	4,7
	2j0ppm0m	5	4,5	4,5	4,8	4,9	4,5	4,7	
	3j0ppm0m	5	4,5	4,4	4,6	4,5	4,5	4,6	
Jabłkowy (1ppm) *Apple*	4j1ppm5m	5	5	4,6	4,9	4,8	4,5	4,8	4,7
	5j1ppm5m	5	5	4,4	4,4	4,4	4,6	4,6	
	6j1ppm5m	5	4,6	4,4	4,6	4,6	4,8	4,7	
Borówkowy K *Blueberry*	7b0ppm0m	5	4,6	4,6	4,4	4,6	3,4	4,4	4,5
	8b0ppm0m	5	4,6	4,6	4,5	4,5	3,6	4,5	
	9b0ppm0m	5	4,6	4,5	4,6	4,4	3,6	4,5	
Borówkowy 10ppm *Blueberry*	10b10ppm30m	5	4,5	4,8	4,3	4,3	3,5	4,4	4,4
	11b10ppm30m	5	4,5	4,8	4,0	4,1	3,6	4,3	
	12b10ppm30m	5	4,8	4,9	4,4	4,6	3,5	4,5	
Borówkowy 100ppm *Blueberry*	13b100ppm30m	5	4,8	4,6	3,8	4,3	3,5	4,3	4,3
	14b100ppm30m	5	4,6	4,8	4,1	4,0	3,6	4,4	
	15b100ppm30m	5	4,5	4,6	4,3	4,1	3,6	4,4	
Jabłkowo-borówkowy K *Apple-Blueberry*	16jb0ppm0m	4,5	4,9	4,4	3,9	4,6	3,8	4,4	4,4
	17jb0ppm0m	4,3	4,5	4,5	4,3	4,6	4,3	4,4	
	18jb0ppm0m	4,4	4,6	4,5	4,4	4,4	4,3	4,4	
Jabłkowo (1ppm)-borówkowy (10ppm) *Apple-Blueberry*	19jb1,10ppm5,30m	4,8	4,4	4,6	4,4	4,4	4,3	4,4	4,6
	20jb1,10ppm5,30m	4,7	4,5	4,6	4,5	4,5	4,6	4,6	
	21jb1,10ppm5,30m	4,7	4,8	4,5	4,4	4,9	4,4	4,6	
Jabłkowo (1ppm)-borówkowy (100ppm) *Apple-Blueberry*	22jb1,100ppm5,30m	4,7	4,1	3,8	3,9	4,3	4,0	4,1	4,1
	23jb1,100ppm5,30m	4,5	4,1	4,0	3,6	4,0	4,0	4,0	
	24jb1,100ppm5,30m	4,7	3,9	4,0	3,6	4,0	3,8	4,0	

Ogólna ocena (uśredniona wartość wszystkich wyróżników jakości) wykazała, iż najlepszym dżemem okazały się: dżem jabłkowy kontrola, ozonowany (1 ppm) oraz jabłkowo(1 ppm)-borówkowy(10 ppm). Podane wyniki wykazują różnice istotne statystycznie.

Według Pandiselvam i in. [2020] ozonowanie nie wpływa w sposób negatywny na zmianę koloru oraz tekstury użytego surowca. Jednak przedstawione w niniejszej pracy wyniki potwierdzają to tylko częściowo w odniesieniu do niskich dawek użytego ozonu. Dżem

wykonany z surowca traktowanego wysoką dawką ozonu (100 ppm dla borówek) charakteryzuje się najniższymi wartościami ocenianych kategorii, łącznie z wyczuwalną obecnością zapachu obcego mimo znanej względnej odporności owoców jagodowych takich jak np. borówki na obróbkę ozonem [Tekile i in. 2017, Chwaszcz i in. 2015]. Takiej odporności na działanie ozonu nie wykazują owoce jabłka, co dyktowało też dobór niskich stężeń ozonu (tylko 1 ppm) użytych do obróbki tego surowca.

Podsumowując, przeprowadzona ocena organoleptyczna wykazała, iż wszystkie badane dżemy odznaczały się dobrą jakością osiągając średnią ocen min. 4,0 pkt (tab. 3). Wszystkie oceniane cechy sensoryczne dżemów (barwa, zapach, smak, konsystencja, smarowność, faktura) wykazywały różnicę istotną statystycznie, w zależności od ich rodzaju. Wskazuje na to, że proces ozonowania owoców borówki wysokiej oraz jabłek, wpływa w istotny sposób na ocenę organoleptyczną. Wszystkie dżemy wykazywały pożądaną barwę, zapach, smak, konsystencję, smarowność oraz fakturę, nie posiadały obcego smaku, zapachu oraz widocznych śladów błędnie wykonanego procesu przetwórczego.

Wiadome jest, że powodzenie podczas użycia ozonu w postaci rozpuszczonej w wodzie oraz w postaci gazu podyktowane jest działaniem uwolnionych rodników hydroksylowych będących aktywnym czynnikiem procesu ozonowania [Tekile i in. 2017, Chwaszcz i in. 2015], więc charakter procesu ozonowania determinowany jest skutkami pozytywnymi i niepożądanymi reakcji z tymi bardzo aktywnymi indywiduami.

Pomiar tekstury

Metody instrumentalne w ocenie tekstury, oparte są na pomiarze zależności między wielkościami fizycznymi oraz siłą-odkształceniem a czasem [Horabik 2013, Zdunek 2008]. Jednym z często używanych sposobów praktycznego pomiaru tych zależności jest użycie zdefiniowanych przez producenta urządzeń wytrzymałościowych algorytmów w postaci programów do testów TPA, które ułatwiają, przyśpieszają i umożliwiają powtarzalność warunków pomiaru [Dolik i Kubiak 2013]. Uzyskane wielkości mierzone, zarówno podstawowe jak siła, jak i pochodne, jak gumistość, adhezyjność, mogą być w łatwy sposób wybierane do analizy czy porównywane [Kubiak i Dolik 2022, Piechowiak i in. 2022]. Poniżej opracowano wybrane do charakterystyki dżemów parametry tekstury uzyskane podczas testów TPA wykonanych z użyciem różnych przystawek (ekstruzja współbieżna, ekstruzja przeciwbieżna, zagłębianie).

Proces zagłębiania

Analiza parametrów tekstury mierzonych podczas procesu zagłębiania tj. twardość, praca ściskania, siła niszcząca itp. dla różnych rodzajów dżemu wykazała, że zależą one w istotny sposób ($p<0,05$) od rodzaju dżemu, co wykazano przy użyciu analizy wariancji. Wyodrębnić można grupę dżemów borówkowych o dominujących wartościach większości parametrów, szczególnie twardość, pracę ściskania, gumistość, co wyróżnia je od dżemów wykonanych z udziałem jabłek. Najbardziej oczywistą przyczyną tego stanu rzeczy jest wpływ surowca, znacznie bardziej zwartego w przypadku owoców borówki niż jabłek, przy czym z punktu widzenia celu pracy zależność ta, nie jest istotna. Interesujące jest natomiast porównanie wartości mierzonych parametrów między produktami (dżemami) wykonanymi z owoców nieozonowanych i ozonowanych. Z tego punktu widzenia różnice istotne także występują, ale nie zawsze w sposób oczywisty i tak, obróbka ozonem owoców borówki wpływa na obniżenie twardości, pracy ściskania i gumistości w sposób istotny w przypadku dżemów borówkowych oraz w sposób nieistotny w przypadku dżemów jabłkowych. Tendencji tej, nie można zauważyć w sposób jednoznaczny dla dżemów mieszanych.

Proces ekstruzji współbieżnej i przeciwbieżnej

Wartości parametrów tekstury mierzone w procesach parametrów ekstruzji przeciwbieżnej i współbieżnej uwidaczniają, podobnie jak w przypadku procesu zagłębiania wyodrębnioną grupę

dżemów borówkowych dla których mierzone wartości są istotnie wyższe ($p<0,05$) ale nie w każdym przypadku, sugerując wpływ rodzaju owocu na twardość dżemów. Porównanie wartości mierzonych parametrów dla dżemów wykonanych z surowca kontrolnego i ozonowanego nie daje jednoznacznych wyników, natomiast wskazuje na wyższe parametry dżemów wykonanych z surowca poddanego obróbce ozonu. Dżemy borówkowe wykonane z surowca ozonowanego względem kontroli, odznaczają się istotnie wyższą twardością, siłą niszczącą, pracą ściskania w obydwu rodzajach ekstruzji, a także wyższą sprężystością i gumistością w przypadku ekstruzji przeciwbieżnej, chociaż tutaj występują duże rozrzuty wyników.

W przypadku dżemów jabłkowych nie widać istotnego wpływu ozonowania surowca w żadnym z mierzonych parametrów. W przypadku dżemów mieszanych wyniki są niejednorodne ze wskazaniem na wyższe parametry dżemów wykonanych z surowców ozonowanych.

Analiza statystyczna otrzymanych wartości parametrów tekstury dla poszczególnych rodzajów dżemu pozwoliła wyznaczyć wiele korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami a także w stosunku do innych rodzajów analiz jak: biochemiczne czy ocena organoleptyczna, co jest podobnym spostrzeżeniem jak u innych autorów [Banaś i in. 2018, Mazur i in. 2015]. Najciekawsze z tych porównań dotyczy dżemów wykonanych z użyciem obróbki dużą dawką ozonu, których parametry tekstury korelowały ($p<0,05$) w sposób ujemny z oceną organoleptyczną czyli dżemy ocenione organoleptycznie gorzej, miały wyższe parametry tekstury.

Podsumowując, poza oczywistym i nieanalizowanym w niniejszej pracy wpływem rodzaju surowca na wartość mierzonych parametrów tekstury, stwierdzić należy, że obróbka ozonem owoców borówki i jabłek przed wykonaniem z nich dżemu wpływa na produkt gotowy, ze wskazaniem na podniesienie twardości i wielkości pochodnych.

Aktywność antyoksydacyjna

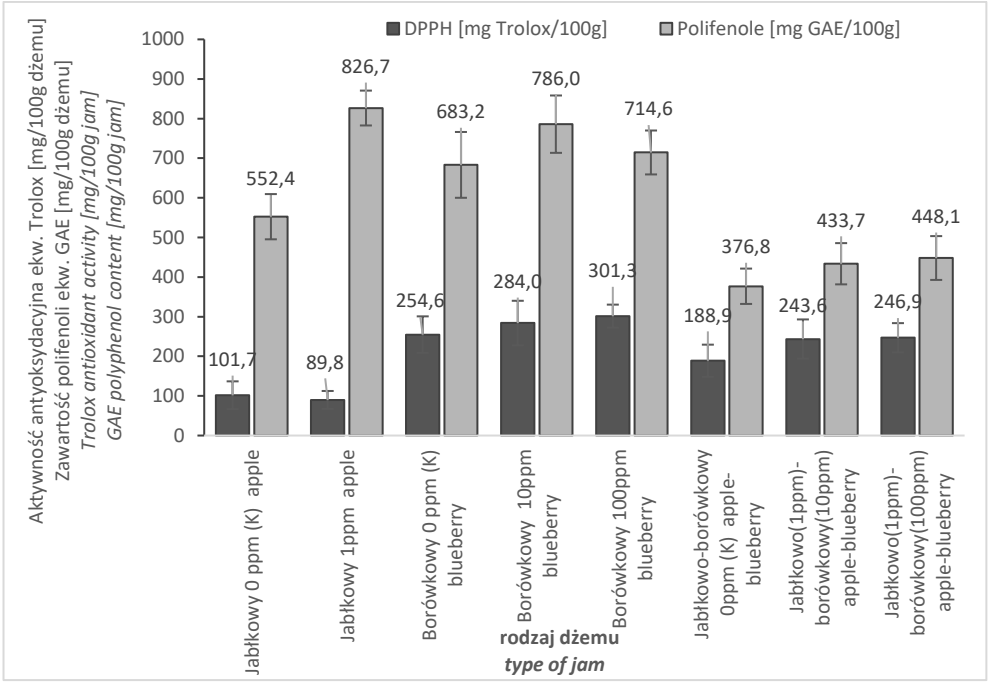
Podczas badania aktywności antyoksydacyjnej metodą DPPH, różnice wykazano w dżemach borówkowych, oraz jabłkowo-borówkowych, gdzie próbki kontrolne (nieozonowane) posiadały mniejszą wartość: dla dżemu borówkowego – 254,64 ± 46,24 mg Trolox/100 g oraz jabłkowo-borówkowego – 188,85 ± 40,59 mg Trolox/100 g w porównaniu z dżemami ozonowanymi: dla borówkowego(10ppm) 283,98 ± 56,19 mg Trolox/100 g; (100 ppm) – 301,34 ± 29,12 mg Trolox/100 g; dla jabłkowo (1 ppm) – borówkowego (10 ppm) – 243,56 ± 49,58 mg Trolox/ 100 g; jabłkowo (1 ppm)-borówkowego (100 ppm) – 246,85 ± 36,89 mg Trolox/100 g. Zaobserwowano, że dżemy wykonane z owoców ozonowanych, posiadały większą zawartość antyoksydantów w porównaniu z dżemami z owoców nieozonowanych. Dodatkowo zauważono, że próbki zawierające owoce jagodowe, posiadały wyższą aktywność antyoksydacyjną.

Podsumowując, najwyższą aktywność antyoksydacyjną dostrzeżono w dżemie z owoców borówki ozonowanych 100ppm – 246,85 mg Trolox/100g. Porównując do dżemu z owoców borówki nieozonowanych 254,64 mg Trolox/100g. Najniższą aktywność wykazał dżem z jabłek ozonowanych 1 ppm który wyniósł 89,82 mg Trolox/100g.

Dżemy borówkowe oraz jabłkowo-borówkowe w sposób istotny ($p< 0,05$) różniły się w porównaniu do czystych dżemów jabłkowych. Owoce borówki wysokiej są owocami, zawierającymi znacznie wyższą aktywność antyoksydacyjną w porównaniu do jabłek [Scibisz i Mitek 2006]. Dodatkowo, ozonowanie pozytywnie wpłynęło na jej zawartość w dżemach borówkowych i jabłkowo-borówkowych , zaś negatywnie w dżemach jabłkowych (ryc. 1).

Według różnych autorów, ozon wpływa na zwiększenie aktywności antyoksydacyjnej owoców borówki wysokiej [Piechowiak i in. 2020]. Według Prior i in. [1998], aktywność antyoksydacyjna owoców borówki amerykańskiej wahała się od 17-43 μmol Troloxu/g, zaś Kalt i in. [1999] podają wyższe wartości, wynoszące nawet do 60,1 μmol Troloxu/g. Donoszony wzrost aktywności antyoksydacyjnej interpretowany jest jako skutek indukcji mechanizmów antyoksydacyjnych w aktywnych biochemicznie, czyli żywych komórkach owoców [Ścibisz

i Mitek 2005, Ścibisz i in. 2010]. Spodziewając się indukcji ozonem aktywności antyoksydacyjnej owoców, liczono na przeniesienie jej do produktu końcowego, ale przy niepogorszonych jego cechach jakościowych, co osiągnięto.



Ryc. 1. Aktywność antyoksydacyjna i zawartość polifenoli dżemów borówkowych z udziałem bazy jabłkowej wykonanych z owoców nie poddanych i poddanych procesowi ozonowania dawkami 1-100 ppm w czasie 0-30 min. Aktywność antyoksydacyjna wyrażono jako ekwiwalent Troloxu zdolnego wytłumić aktywność rodników DPPH [mg Trolox/100 g] oraz zawartość polifenoli w produkcie jako ekwiwalent GAE [mg GAE/100 g]. Podano wartości średnie ± SD dla n=9

Fig. 1. *Antioxidant activity and polyphenol content of blueberry jams with apple base made from untreated and ozonated fruit with doses of 1-100 ppm for 0-30 min. Antioxidant activity was expressed as Trolox equivalent capable of suppressing the activity of DPPH radicals [mg Trolox/100 g] and polyphenol content in the product as GAE equivalent [mg GAE/100 g]. Mean values ± SD for n=9 were given*

Zawartość polifenoli

Podczas oceny całkowitej zawartości polifenoli, zaobserwowano również – tak jak w przypadku antyoksydantów, istotnie większą zawartość związków polifenolowych w dżemach z owoców ozonowanych, gdzie jabłkowy kontrola wynosiła 552,4 ± 57,09 mg GAE/100 g zaś ozonowany (1 ppm) 826,7 ± 44,01 mg GAE/100 g. W przypadku dżemów borówkowych kontrola wykazała zawartość 683,2 ± 83,07 mg GAE/100 g, ozonowany (10 ppm) – 786 ± 72,38 mg GAE/100 g, (100 ppm) – 714,6 ± 55,44 mg GAE/100 g. W dżemach jabłkowo-borówkowych kontrola wyniosła 376,8 ± 44,59 mg GAE/100 g, jabłkowo (1 ppm) - borówkowym(10 ppm)- 433,7 ± 52,02mg GAE/100 g oraz jabłkowo (1 ppm)-borówkowym (100 ppm) – 448,2 ± 55,31 mg GAE/100 g.

Wpływ procesu ozonowania na produkt gotowy uwidoczniony jest tylko w przypadku czystego dżemu jabłkowego, gdzie ozonowanie surowca (jabłek) powoduje otrzymanie dżemu o istotnie wyższych zawartościach polifenoli- 826,7 mg GAE/100g niż w przypadku braku ozonowania- 552,4 mg GAE/100g. Nie zauważono wpływu ozonowania owoców na dżemy

wykonane z borówek oraz na dżemy mieszane jabłkowo – borówkowe, mimo, że te ostatnie miały istotnie niższe poziomy zawartości polifenoli.

Według [Gorzelany i in. 2022; Zapałowska i in. 2021] zawartość polifenoli można znacznie obniżyć poprzez zbyt długą ekspozycję ozonu na owoce, jednak odpowiednie krótkotrwałe ozonowanie przyczynia się do zachowania analitów [Gorzelany i in. 2022, Ścibisz i Mitek 2005]. W naszych doświadczeniach nie zauważono tej niekorzystnej tendencji.

V. PODSUMOWANIE

Porównanie dżemów przygotowanych z owoców borówki i jabłek poddanych procesowi ozonowania atmosferą ozonową o stężeniach 1 ppm w czasie 5 minut dla jabłek oraz 10 i 100 ppm dla owoców borówki w czasie 30 minut, wykazało, że:

1) Ozonowanie owoców borówki wysokiej i jabłek nie ma istotnego wpływu na cechy sensoryczne wykonanych z nich dżemów, z wyjątkiem użycia najwyższej dawki ozonu (100 ppm).

2) Ozonowanie owoców borówki wysokiej i jabłek wpływa w sposób istotny, ale co do kierunku niejednoznaczny i zależny od mierzonego parametru na teksturę wyznaczoną z użyciem standardowego testu TPA (twardość, siła niszcząca, praca ściskania, adhezyjność, sprężystość, gumiastość), ze wskazaniem na podniesienie twardości i wielkości pochodnych.

3) Ozonowanie owoców borówki wysokiej i jabłek wpływa w sposób istotny na aktywność antyoksydacyjną dżemów borówkowych oraz zawartość polifenoli dżemów jabłkowych.

4) Oceniane parametry sensoryczne i tekstury oraz aktywność antyoksydacyjna i zawartość polifenoli w gotowych dżemach, w istotny sposób zależą od rodzaju użytego owocu.

BIBLIOGRAFIA

1. Bakuła T. 2013. Ozon i jego mechanizm działania. Materiały konferencji szkoleniowej Alternatywne metody w bioasekuracji Uniwersytet Warmińsko- Mazurski. Olsztyn.
2. Balawejder M., Antos P., Bilek M., Chwaszcz B., Józefczyk R., Skrobacz K., Kosowski P. 2016. Zastosowanie atmosfery wzbogaconej ozonem w celu podniesienia trwałości przechowalniczej borówki amerykańskiej (*Vaccinium corymbosum* L.) w temperaturze pokojowej. w: Rolnictwo XXI wieku – problemy i wyzwania. Idea Knowledge Future. 7-17.
3. Banaś A., Korus A., Korus J. 2018. The influence of storage conditions on texture parameters and sensory quality of sour cherry jams with various plant additives. ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość. 25. 3 (116). 100-115.
4. Chwaszcz B., Józefczyk R., Bilek M., Balawejder M. 2015. Ozonowanie jako metoda przedłużania trwałości przechowalniczej owoców maliny w warunkach nie chłodniczych. w: Technologiczne kształtowanie jakości żywności. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ. 15-26.
5. Dolik K., Kubiak M. 2013. Instrumentalny test analizy profilu tekstury w badaniu jakości wybranych produktów spożywczych. Nauki Inżynierskie i Technologie. 3 (10). 35-44.
6. Gorzelany J., Patyna M., Pluta S., Kapusta I., Balawejder M., Belcar J. 2022. The Effect of the Addition of Ozonated and Non- Ozonated Fruits of the Saskatoon Berry (Amelanchier alnifolia Nutt.) on the Quality and Pro- Healthy Profile of Craft Wheat Beers. Molecules. 27(14). 4544.
7. Horabik J. 2013. Stan badań z zakresu właściwości fizycznych surowców roślinnych w aspekcie ich przetwarzania. w: Współczesna inżynieria rolnicza – osiągnięcia i nowe wyzwania (red. R. Hołownicki, M. Kuboń). Wydawnictwo Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej. Kraków. t. III. 127-150.
8. Kalt W., Forney C. F., Martin A., Prior R. L. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. J. Agric. Food Chem. 47. 4638-4644.

9. Kostecka J., Podolak A., Garczyńska M., Mazur-Pączka A., Pączka G. 2023. Developing the competences of future waste management engineers. J. of Ecol. Eng. 24 (4). 333-342.
10. Krosowiak K., Śmigielski L., Dziugan P. 2007. Zastosowanie ozonu w przemyśle spożywczym. Przemysł Spożywczy. 11. 26-29.
11. Kubiak M., Dolik K. 2013. Instrumentalny test analizy profilu tekstury w badaniu jakości wybranych produktów spożywczych. Nauki Inżynierskie i Technologie. 3 (10). 35-44.
12. Mazur J., Sobczak P., Zawiślak K., Panasiewicz M., Kobus Z., Andrejko D., Żukiewicz-Sobczak W. 2015. Korelacja wyznaczników profilowej analizy tekstury (TPA) kwasowych serów twarogowych z jego podstawowym składem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 582. 23-33.
13. Michalski P. 2016. Innowacyjne rozwiązania wpływające na pozbiorczą trwałość owoców. Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu. 166-174.
14. Pandiselvam R., Kaavya R., Jayanath Y., Veenuttranon K., Lueprasitsakul P., Divya V., Kothakota A., Ramesh S.V. 2020. Ozone as a novel emerging technology for the dissipation of pesticide residues in foods – a review. Trends in Food Science and Technology. 97. 38-54.
15. Piechowiak T., Migut D., Józefczyk R., Balawejder M. 2022. Ozone Treatment Improves the Texture of Strawberry Fruit during Storage. Antioxidants. 11 (5). 821.
16. Piechowiak T., Skóra B., Balawejder M. 2020. Ozone Treatment Induces Changes in Antioxidative Defense System in Blueberry Fruit During Storage. Food Bioprocess Technol. 13. 1240-1245.
17. Prior R. L., Cao G., Martin A., Sofic E., McEwen J., O`Brien C., Lischner N., Ehlenfeld M., Kalt W., Krewer G., Mainland C. M. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolics and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium species*. J. Agric. Food Chem. 46. 2686-2693.
18. Ścibisz I., Gasik A., Mitek M., Cendrowski A. 2011. Wpływ warunków przechowywania na barwę dżemów z owoców kolorowych. Żywność Nauka Technologia Jakość. 1 (74). 99-111.
19. Ścibisz I., Kalisz S., Mitek M. 2010. Termiczna degradacja antocyjanów owoców borówki wysokiej. Żywność Nauka Technologia Jakość. 5 (72). 56-66.
20. Ścibisz I., Mitek M. 2005. Aktywność przeciwutleniająca i zawartość związków fenolowych w dżemach otrzymanych z owoców borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) oraz ich zmiany podczas przechowywania. Żywność Nauka Technologia Jakość. 2 (43). 210-221.
21. Ścibisz I., Mitek M. 2006. Aktywność przeciwutleniająca i zawartość związków fenolowych w suszach z owoców borówki wysokiej *Vaccinium corymbosum* L. Żywność Nauka Technologia Jakość. 4 (49). 68-76.
22. Tekile A., Kim I., Lee J.-Y. 2017. Applications of ozone micro- and nanobubble technologies in water and wastewater treatment: review. Journal of the Korean Society of Water and Wastewater. 31 (6). 481-490.
23. Zapałowska A., Matłok N., Zardzewiały M., Piechowiak T., Balawejder M. 2021. Effect of Ozone Treatment on the Quality of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). Plants. 10 (5). 847.
24. Zdunek A. 2008. Instrumental method based on acoustic emission for evaluation of selected texture attributes of apples. Acta Agrophisica. 1(155). 1-98.
25. Ziarno M., Zaręba D. 2015. Wykorzystanie ozonu do niszczenia mikroorganizmów. Przemysł Spożywczy. 6. 15-18.

IMPACT OF OZONATION PROCESS ON THE TEXTURE PARAMETERS, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND ORGANO-LEPTIC PROPERTIES OF HIGHBUSH BLUEBERRY AND APPLE JAMS

Summary

The comparison of jams prepared from blueberry fruit and apples subjected to the ozonation process with the ozone atmosphere concentrated from 1 ppm during 5 minutes for apples as well as from 10 and 100 ppm for blueberry fruits during 30 minutes showed the below observations:

1) Prior ozonation of highbush blueberries and apples has no significant effect on the sensory properties of the prepared jams except when using the highest dose of ozone (100 ppm).

2) Prior ozonation of blueberry and apple fruits has a significant, but ambiguous and dependent on the measured parameter, effect on the texture determined using the standard TPA test (hardness, destructive force, compressive work, adhesiveness, elasticity, gumminess), with the indication to increase the hardness and size of derivatives.

3) Prior ozonation of blueberry fruit and apples significantly contributes to the antioxidant activity of blueberry jams and the content of polyphenols in apple jams.

4) The assessed sensory parameters and textures as well as antioxidant activity and polyphenol content in ready-made jams greatly depend on the sort of fruit used.

Blueberry and apple fruits were treated with mixed air and ozone at the same. Ozone was generated by corona discharges at concentrations of 1, 10 and 100 ppm for 5 minutes on apples constituting as a major batch and 30 minutes on blueberries as the main input material. The jams were subjected to organoleptic evaluation on the basis of selected sensory characteristics such as: colour, aroma, taste, consistency, spreadability, texture. The texture of the jam was assessed with the following parameters: hardness, destructive force, compressive work, adhesiveness, elasticity, gumminess. Moreover, there were also conducted biochemical analyzes of antioxidant activity using the DPPH method (as the equivalent of Trolox per 100 g of fruit) and the amount of polyphenols using the Folin-Ciocialteu method as the equivalent of gallic acid (mg of GAE per 100 g of fruit).

Keywords: ozone, jam, highbush blueberry, antioxidant activity, texture

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 125-136. rok 2024

KATARZYNA ŁUCZAK, GRZEGORZ KUSZA, MARIAN BŁASZCZOK

Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Opolski,
e-mail: *kluczak@uni.opole.pl*

WPŁYW ROLNICTWA NA ŚRODOWISKO W OPINII WŁAŚCICIELI WYBRANYCH GOSPODARSTW ROLNYCH POŁOŻONYCH NA TERENIE POWIATU RACIBORSKIEGO

Celem niniejszej pracy było poznanie opinii i poglądów rolników na wybrane tematy związane z ochroną środowiska w rolnictwie. Badania przeprowadzono w 2024 r. metodą wywiadu kierowanego, a głównym narzędziem badawczym była ankieta. Badaniami objęto rolników trzech gmin powiatu raciborskiego: Kuźnia Raciborska, Krzyżanowice i Nędza.

Respondenci nie wykazują pełnej świadomości zagrożeń występujących w lokalnym środowisku. Badania wskazują, że rolnicy w ostatnich latach zwiększyli ilość stosowanych środków ochrony roślin w tym pestycydów, fungicydów oraz herbicydów. Tendencja ta ma związek z uodpornieniem się chwastów na substancje czynne zwarte w tych środkach.

Słowa kluczowe: świadomość rolników, ochrona środowiska, badania ankietowe, retardacja

I. WSTĘP

Rolnictwo odgrywa kluczową rolę w gospodarce wielu krajów, w tym Polski, jednak jego wpływ na środowisko przyrodnicze stanowi temat coraz bardziej złożonej dyskusji. Z jednej strony, intensywne rolnictwo umożliwia wzrost produkcji żywności, co jest niezbędne dla zaspokojenia potrzeb stale rosnącej populacji. Z drugiej strony, procesy związane z rolnictwem mają znaczący wpływ na degradację środowiska. Intensyfikacja produkcji rolnej prowadzi do wielu negatywnych skutków dla ekosystemów, takich jak erozja gleby, utrata bioróżnorodności czy zanieczyszczenie wód gruntowych [Kagan 2011, Pajewski 2016]. Co więcej, rolnictwo jest jednym z głównych źródeł emisji gazów cieplarnianych, co ma bezpośredni wpływ na zmiany klimatyczne [Bobrecka-Jamro i Janowska-Miąsik 2014].

Właściciele gospodarstw rolnych doskonale zdają sobie sprawę z wpływu, jaki wywiera ich działalność na środowisko przyrodnicze [Kostecka i Mroczek 2007, Gołębiewska i Pajewski 2016]. W wielu przypadkach, rolnicy zauważają, że intensywne metody produkcji mogą prowadzić do degradacji gleby i zanieczyszczenia wód. Wielu z nich podkreśla konieczność zrównoważonego podejścia do rolnictwa, aby zapewnić długoterminową produktywność swoich gleb oraz ochronę lokalnych ekosystemów. Świadomość ekologiczna rolników często wynika z bezpośredniej obserwacji negatywnych skutków nieodpowiedzialnych praktyk, takich jak nadmierne używanie nawozów czy pestycydów [Oszmańska 2005, Rembiałkowska i in. 2013].

Rolnicy wskazują również na rosnącą presję regulacyjną i rynkową, która zmusza ich do wprowadzania bardziej zrównoważonych praktyk. Wymogi prawne dotyczące ochrony środowiska, takie jak przepisy dotyczące emisji gazów cieplarnianych czy zarządzania odpadami,

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.13

stają się coraz bardziej restrykcyjne. Właściciele gospodarstw, zwłaszcza tych większych, muszą inwestować w nowoczesne technologie i metody produkcji, które minimalizują negatywny wpływ na środowisko, co często wiąże się z dodatkowymi kosztami [Siekierski 2020].

Mimo wyzwań, wielu rolników dostrzega korzyści płynące z prowadzenia gospodarstwa w sposób ekologiczny. Zauważają, że zrównoważone praktyki mogą prowadzić do lepszej jakości produktów, co z kolei może przynieść wyższe zyski dzięki rosnącemu popytowi na produkty ekologiczne. Ponadto, dbanie o środowisko może poprawić warunki pracy i życia na terenach wiejskich, co jest ważne zarówno dla rolników, jak też ich rodzin. Właściciele gospodarstw często podkreślają, że zrównoważone rolnictwo to nie tylko obowiązek, ale i szansa na rozwój [Gołębiewska i in. 2016]. Niektórzy rolnicy wskazują na konieczność wsparcia ze strony państwa i organizacji pozarządowych w przejściu na bardziej ekologiczne metody produkcji. Wsparcie to może obejmować dotacje na zakup nowoczesnych maszyn, szkolenia z zakresu zrównoważonego rolnictwa oraz kampanie edukacyjne zwiększające świadomość społeczną na temat znaczenia ochrony środowiska. Rolnicy zauważają, że bez odpowiedniego wsparcia, wdrażanie ekologicznych praktyk może być trudne, zwłaszcza dla mniejszych gospodarstw, które dysponują ograniczonymi zasobami finansowymi [Musiał i Musiał 2023, Styburski i in. 2023].

Powiat Raciborski, położony na południu Polski, to region o długoletniej tradycji rolniczej. W ostatnich latach, podobnie jak w wielu innych częściach kraju, rolnicy w tym regionie stają przed wyzwaniami związanymi z koniecznością godzenia intensywnej produkcji rolnej z ochroną środowiska. Z perspektywy lokalnych właścicieli gospodarstw rolnych, ocena wpływu własnej działalności na środowisko może przynieść cenne wnioski, które mogą być wykorzystane w dalszym procesie rozwoju rolnictwa oraz ochrony środowiska.

Celem niniejszej pracy było poznanie opinii i poglądów rolników na wybrane tematy związane z ochroną środowiska w rolnictwie. Badania przeprowadzono w 2024 r. metodą wywiadu kierowanego, a głównym narzędziem badawczym była ankieta. Badaniami objęto rolników trzech gmin leżących na terenie powiatu raciborskiego: Kuźnia Raciborska, Krzyżanowice i Nędza. W pracy postawiono następujące tezy badawcze: (1) Świadomość rolników o zagrożeniach dotykających otaczającego środowiska nie wynika z ich wykształcenia ani wielkości gospodarstwa; (2) Rolnicy posiadają wiedzę na temat zagrożeń środowiska glebowego; (3) Obecnie rolnicy świadomie podejmują decyzje o używaniu środków ochrony roślin.

II. MATERIAŁY I METODY

Badania opierały się na wywiadzie kierowanym z narzędziem badawczym w postaci ankiety. Kwestionariusz objął 100 respondentów (rolników), z czego 30 mieszkańców gminy Nędza, 41 mieszkańców gminy Kuźnia Raciborska i 29 osób z gminy Krzyżanowice. Sondaż prowadzono anonimowo w 2024 roku. Ankieta złożona była z 2 części. Pierwsza części obejmowała pytania ogólne charakteryzujące badaną populację (pytanie 1-2). W drugiej części ankietowani odpowiadali na 10 pytań dotyczących wiedzy na temat ochrony środowiska w rolnictwie (pytania 3-12). Pytania sformułowano tak by móc poznać świadomość ekologiczną rolników i wiedzę o istotnych problemach ochrony środowiska przyrodniczego.
Wyniki analizowano z zastosowaniem oprogramowania MS Excel.

III. WYNIKI I DYSKUSJA

Pierwszym pytanie dotyczyło charakterystyki areałów jakimi dysponują respondenci. Ankietowani mieli odpowiedzieć na pytanie o wielkość swojego gospodarstwa mając do dyspozycji następujące odpowiedzi: 0-20 ha, 21-60 ha i powyżej 60 ha.

Największe rozdrobnienie gospodarstw znajduje się w gminie Kuźnia Raciborska. Prawie połowa ankietowanych wybrała odpowiedź, że areał swojego gospodarstwa wynosi do 20 hektarów (rys. 1). Podobne wyniki uzyskano w gminie Nędza. Najwięcej gospodarstw powyżej 60 ha znajduje się w gminie Krzyżanowice. Jednocześnie w tej gminie znajduje się najmniej najmniejszych gospodarstw. Zbiór odpowiedzi z trzech gmin wskazuje, że najwięcej jest tu gospodarstw najmniejszych. Na arenie krajowej tymczasem, z roku na rok jest coraz mniej gospodarstw a te, które pozostają, zwiększają swój areał.

Rys. 1. Wielkości gospodarstw rolnych rolników biorących udział w ankiecie
Fig. 1. *Farm sizes of farmers participating in the survey*

Rozdrobnienie areałów gospodarstw rolnych stanowi istotny problem strukturalny w rolnictwie, szczególnie w kontekście krajów Europy Środkowo-Wschodniej. Charakteryzuje się ono znaczną liczbą małych, rozproszonych działek, co negatywnie wpływa na efektywność produkcji rolnej oraz zdolność konkurencyjną gospodarstw. Według analizy przeprowadzonej przez Biernat-Jarka [2017], rozdrobnienie gospodarstw rolnych prowadzi do wyższych kosztów produkcji, trudności w stosowaniu nowoczesnych technologii oraz ograniczeń w dostępie do rynków zbytu. Wyniki badań podkreślają, że problem ten jest szczególnie widoczny w Polsce, gdzie średnia powierzchnia gospodarstwa rolnego jest znacznie niższa w porównaniu do krajów Europy Zachodniej, co wpływa na niską rentowność sektora rolniczego [Biernat-Jarka 2017]. Warto zwrócić uwagę, że badaniami objęto tylko gospodarstwa rodzinne.

Obecny poziom wykształcenia rolników odgrywa kluczową rolę w modernizacji i efektywności sektora rolniczego. Współczesne rolnictwo wymaga nie tylko praktycznych umiejętności, ale także zaawansowanej wiedzy z zakresu agronomii, zarządzania, a także nowoczesnych technologii. Według badań przeprowadzonych przez Sadowskiego [2020], w Polsce zauważalny jest wzrost liczby rolników z wyższym wykształceniem rolniczym, co pozytywnie wpływa na innowacyjność i adaptację nowych technologii w gospodarstwach. Autor wskazuje, że wykształceni rolnicy są bardziej skłonni do stosowania zaawansowanych metod produkcji, takich jak precyzyjne rolnictwo, co prowadzi do zwiększenia wydajności i zrównoważonego rozwoju sektora rolnego [Sadowski 2020]. Tymczasem we wszystkich trzech gminach dominuje wykształcenie zawodowe rolników. Najwięcej rolników ze średnim wykształceniem, a zarazem najmniej z wyższym znajduje się w gminie Krzyżanowice (rys. 2). Całość wyników prezentuje się podobnie jak wiele wyników z Powszechnych Spisów Rolnych – najwięcej jest rolników z wykształceniem zawodowym, kolejno średnim i najmniej z wyższym.

Na uwagę zasługuje fakt, że żaden rolnik nie zadeklarował wykształcenia podstawowego co może świadczyć o tendencji rolników do samokształcenia. Można zauważyć również powiązania pomiędzy wielkością gospodarstwa, a wykształceniem. Wolno zaryzykować stwierdzeniem, że im

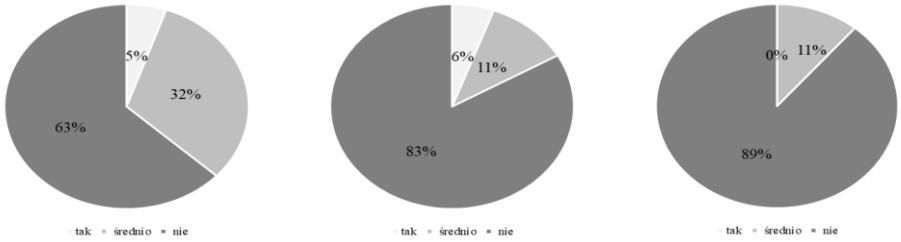
wyższe wykształcenie tym większy areał gospodarstwa. Tylko trzech ankietowanych rolników o powierzchni gospodarstwa do 20 hektarów zadeklarowało wykształcenie wyższe.

Rys. 2. Wykształcenie rolników biorących udział w ankiecie
Fig. 2. *Education of farmers participating in the survey*

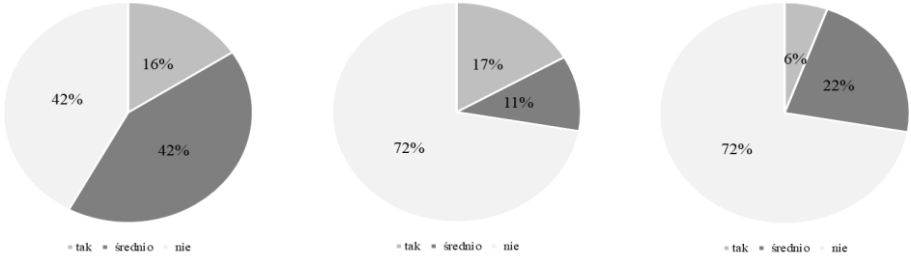
Ponad 75% ankietowanych na pytanie *Czy otaczające środowisko jest zagrożone?* odpowiedziało przecząco (rys. 3). Żaden z respondentów w gminie Krzyżanowice nie odpowiedział na to pytanie twierdząco, a tylko niewielka część zaznaczyło odpowiedź „średnio". Sądząc po odpowiedziach ankietowanych w gminie Nędza, można wnioskować, że to właśnie tam rolnicy najbardziej sobie zdają sprawę z zagrożenia środowiska. Tylko jeden ankietowany z gminy Kuźnia Raciborska uważa, że środowisko jest zagrożone. Dwóch respondentów tej gminy zaznaczyło odpowiedź „średnio". Mimo wielu dostępnych badań na temat zagrożenia środowiska, które jednoznacznie potwierdzają, że taka sytuacja ma miejsce, rolnicy jeszcze nie są w pełni świadomi tego faktu.

Świadomość rolników na temat wpływu rolnictwa na środowisko jest kluczowym elementem w kierunku zrównoważonego rozwoju tego sektora. W ostatnich latach zauważalny jest wzrost wiedzy rolników na temat ekologicznych konsekwencji działalności rolniczej, co wynika z edukacji oraz programów wspierających zrównoważone praktyki. Jak podaje Oszmańska [2005], większość rolników jest świadoma, że intensywne rolnictwo może prowadzić do degradacji gleby, zanieczyszczenia wód i utraty bioróżnorodności. Badania wykazują, że rolnicy coraz częściej wdrażają praktyki przyjazne środowisku, takie jak zrównoważone stosowanie nawozów i pestycydów, a także agroleśnictwo i systemy upraw bezorkowych, w celu minimalizacji negatywnego wpływu na ekosystemy [Oszmańska 2005].

Na pytanie *Czy rolnictwo może zagrażać środowisku?* 2/3 ankietowanych zaprzeczyło (rys. 4). Niewielu zaznaczyło odpowiedź „tak". Najwięcej odpowiedzi „średnio" zaznaczyli rolnicy gminy Nędza. Może to wskazywać, że to właśnie tam rolnicy zauważają problemy z jakimi, niejako przez nich samych, boryka się środowisko. Najbardziej stanowczą grupą byli respondenci z gminy Kuźnia Raciborska (najmniej odpowiedzi „średnio"). W gminach Kuźnia Raciborska i Krzyżanowice ankietowani zdecydowanie zanegowali to pytanie. Można wysnuć wnioski, że rolnicy mimo wiedzy na temat zagrożeń, które sami stwarzają (poprzez działalność rolniczą) nie chcą mówić o tym głośno. Jest to niejednokrotnie temat pomijany.



Rys. 3. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy otaczające środowisko jest zagrożone?*
Fig. 3. *Farmers' responses to the question: Is the surrounding environment at risk?*

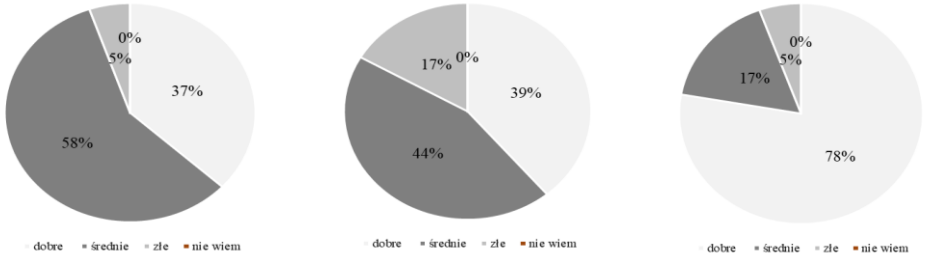


Rys. 4. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy rolnictwo może zagrażać środowisku?*
Fig. 4. *Farmers' responses to the question: Can agriculture pose a threat to the environment?*

Na pytanie o warunki glebowe żaden z ankietowanych nie zaznaczył odpowiedzi „nie wiem" (rys. 5). Wydaje się to zrozumiałe, gdyż kto jak nie właśnie rolnicy, wiedzą najlepiej na jakich gruntach gospodarują. Odpowiedzi w gminach były dość mocno zróżnicowane.

Najlepsze warunki glebowe według respondentów występują w gminie Krzyżanowice, tam większość rolników zaoczyło odpowiedź „dobre" (ponad 75%). Ma to odzwierciedlenie w stanie faktycznym, gdyż to właśnie w tej gminie znajdują się najżyźniejsze gleby. Odpowiedzi napływające z gmin Nędza i Kuźnia Raciborska są mocno do siebie zbliżone. Nie zostało to wyodrębnione, ale rolnicy, którzy lepiej oceniali warunki glebowe w tych gminach zamieszkiwali miejscowości nadodrzańskie. Ciężkie, ale żyzne mady to wciąż bardzo urodzajna gleba.

Świadomość rolników o wpływie rolnictwa na intensyfikację procesów degradacji gleb związanych z erozją wodną jest kluczową dla ochrony środowiska oraz utrzymania wydajności rolniczej. Jak wskazują badania Krasowicz i in. [2011], wielu rolników jest świadomych, że nieodpowiednie praktyki rolnicze, takie jak nadmierna orka, niewłaściwe stosowanie nawozów oraz brak okryw roślinnych, mogą przyczyniać się do zwiększonej erozji gleb. Autorzy podkreślają, że rolnicy z większą wiedzą na temat tych procesów są bardziej skłonni do wdrażania środków zapobiegawczych, takich jak uprawy ochronne, tarasowanie zboczy oraz stosowanie pasów roślinnych, co pomaga w ograniczeniu erozji i ochronie zasobów glebowych.



Mieszkańcy gminy Nędza | Mieszkańcy gminy Kuźnia Raciborska | Mieszkańcy gminy Krzyżanowice

Rys. 5. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Jak ocenia Pani /Pan warunki glebowe dla rozwoju rolnictwa w swojej miejscowości?*
Fig. 5. *Farmers' responses to the question: How do you evaluate the soil conditions for agricultural development in your locality?*

W gminie Krzyżanowice na *pytanie Czy rolnictwo wpływa na intensyfikację procesów degradacji gleb związanych z erozją wodną?* większość ankietowanych odpowiedziała twierdząco (rys. 6). Paru rolników zaprzeczyło, a ponad 28% odpowiedziało „nie wiem". W tej gminie występują największe deniwelacje terenu więc nic dziwnego, że to właśnie tam rolnicy najczęściej zaznaczali odpowiedź „tak". W gminie Nędza prawie połowa rolników zaznaczyło odpowiedź „tak", pozostała połowa podzieliła się pomiędzy dwie pozostałe odpowiedzi. Respondenci gminy Kuźnia Raciborska wybierali stosunkowo równomiernie trzy odpowiedzi. Można wysnuć wniosek, że twierdząco na to pytanie odpowiadali rolnicy, którzy faktycznie zmagają się z erozją wodną. Wciąż wielu rolników dopytywało co to dokładnie znaczy, co świadczy o braku znajomości fachowych pojęć.

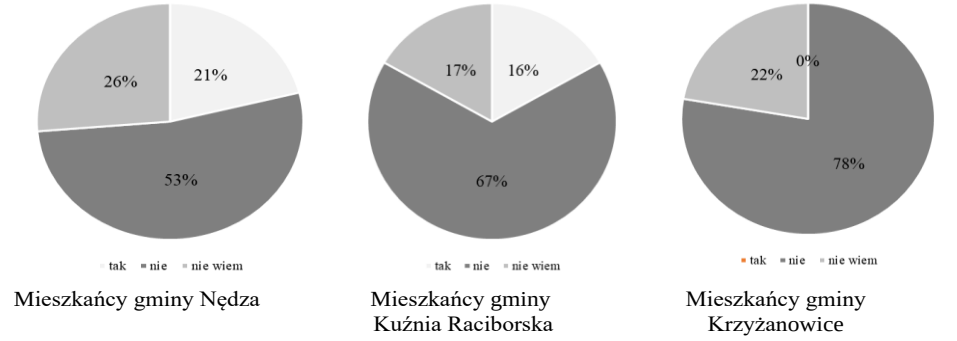
W gminie Krzyżanowice na pytanie *Czy rolnictwo wpływa na intensyfikację procesów degradacji gleb związanych z erozją wietrzną?* większość ankietowanych odpowiedziała przecząco (rys. 7). Żaden rolnik nie odpowiedział na to pytanie twierdząco. W gminach Nędza i Kuźnia Raciborska również większość rolników zaprzeczyła. Nieznacznie więcej rolników zaznaczyło odpowiedź „tak" w gminie Nędza w porównaniu z Kuźnią Raciborską. Prawie 3/4 wszystkich ankietowanych wybrało odpowiedź „nie". Erozja wietrzna na terenie powiatu raciborskiego, gdzie znajdują się badane gminy praktycznie nie występuje. W związku z powyższym można sądzić skąd ta znikoma wiedza rolników na ten temat.

Świadomość rolników na temat wpływu rolnictwa na zakwaszenie gleby jest istotnym aspektem w kształtowaniu jakości gleb i długoterminową produktywnością rolniczą. Jak podkreślają badania przeprowadzone przez Kopińskiego i in. [2013], wielu rolników zdaje sobie sprawę, że intensywne stosowanie nawozów azotowych, niewłaściwe zarządzanie resztkami pożniwnymi oraz brak wapnowania prowadzą do zakwaszenia gleb. Autorzy wskazują, że rolnicy z większą świadomością tego problemu są bardziej skłonni do podejmowania działań zapobiegawczych, takich jak regularne wapnowanie, stosowanie nawozów organicznych oraz uprawy roślin, które mogą pomagać w neutralizacji kwasowości gleby. Działania te są kluczowe dla utrzymania odpowiedniego pH gleby, co ma bezpośredni wpływ na dostępność składników odżywczych dla roślin oraz na ogólną zdrowotność ekosystemu glebowego [Kopiński i in. 2013].

Na pytanie czy rolnictwo zakwasza glebę prawie 3/4 ankietowanych gminy Krzyżanowice odpowiedziało twierdząco (rys. 8). Dwóch rolników zaprzeczyło a trzech dało odpowiedź „nie wiem". W gminie Nędza odpowiedzi są zbliżone do tych z gminy Krzyżanowice. Najwięcej

niezdecydowanych rolników znajduje się natomiast w gminie Kuźnia Raciborska. Tylko jeden rolnik spośród trzech gmin o areale większym niż 60ha zaznaczył odpowiedź „nie". Wyniki jasno wskazują, że w tym aspekcie rolnicy są dość mocno wyedukowani. Wzrost stosowania m. in. nawozów mineralnych zmusza następnie rolników do wapnowania pól, aby wyregulować pH. Taka sytuacja jest szczególnie zauważalna w gospodarstwach o większym areale.

Rys. 6. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy rolnictwo wpływa na intensyfikację procesów degradacji gleb związanych z erozją wodną?*
Fig. 6. *Farmers' responses to the question: Does agriculture contribute to the intensification of soil degradation processes related to water erosion?*



Rys. 7. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy rolnictwo wpływa na intensyfikację procesów degradacji gleb związanych z erozją wietrzną?*
Fig. 7. *Farmers' responses to the question: Does agriculture contribute to the intensification of soil degradation processes related to wind erosion?*

Świadomość rolników na temat zagęszczenia gleby przez używanie ciężkiego sprzętu rolniczego jest kluczowa dla długoterminowego utrzymania zdrowia gleby i produktywności rolniczej. Według badań Marks i Buczyński [2002], wielu rolników jest świadomych, że intensywne wykorzystanie ciężkich maszyn może prowadzić do zagęszczenia gleby, co ogranicza przepuszczalność wody i powietrza oraz utrudnia rozwój systemu korzeniowego roślin. Autorzy wskazują, że rolnicy, którzy posiadają większą wiedzę na temat skutków zagęszczenia gleby, częściej podejmują działania mające na celu jego ograniczenie, takie jak stosowanie upraw bezorkowych, wykorzystanie lżejszego sprzętu oraz regularne przeprowadzanie zabiegów poprawiających strukturę gleby, takich jak głęboszowanie [Marks i Buczyński 2002].

Mieszkańcy gminy Nędza | Mieszkańcy gminy Kuźnia Raciborska | Mieszkańcy gminy Krzyżanowice

Rys. 8. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy uważa Pan/Pani, że rolnictwo zakwasza glebę?*
Fig. 8. *Farmers' responses to the question: Do you believe that agriculture acidifies the soil?*

Na pytanie *Czy w gospodarstwie występuje problem zagęszczenia gleby wynikający z używania ciężkiego sprzętu rolniczego?* ponad 78% ankietowanych gminy Kuźnia Raciborska odpowiedziało twierdząco (rys. 9). W pozostałych dwóch gminach wskaźnik ten wynosił od 68 do 72%. Najwięcej niezdecydowanych respondentów znajduje się w gminie Krzyżanowice. W gminie Nędza czterech rolników zaprzeczyło jakoby w ich gospodarstwie występował ten problem. Rolnicy są coraz bardziej świadomi i coraz częściej wprowadzają technologię i sprzęt, które zapobiegają zagęszczeniu gleby. Gleby na badanym terenie w większości zaliczane są do ciężkich wiec ich użytkownicy muszą szczególnie uważać i ograniczać prace w momencie nadmiernego ich uwilgotnienia.

Świadomość rolników na temat wpływu użytkowania gruntów ornych na zanieczyszczenie powietrza staje się coraz bardziej powszechna, zwłaszcza w kontekście rosnących wymagań dotyczących ochrony środowiska. Jak wskazują badania przeprowadzone przez Talarczyk i Lowinski [2019], wielu rolników zdaje sobie sprawę, że praktyki rolnicze, takie jak intensywne stosowanie nawozów mineralnych oraz emisje z maszyn rolniczych, mogą przyczyniać się do zanieczyszczenia powietrza. Autorzy podkreślają, że zwiększona świadomość ekologiczna wśród rolników prowadzi do częstszego wdrażania praktyk mających na celu ograniczenie emisji, takich jak stosowanie nawozów organicznych oraz optymalizacja użycia maszyn poprzez technologię precyzyjnego rolnictwa [Talarczyk i Lowinski 2019].

Mieszkańcy gminy Nędza | Mieszkańcy gminy Kuźnia Raciborska | Mieszkańcy gminy Krzyżanowice

Rys. 9. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy w Pana/Pani gospodarstwie występuje problem zagęszczenia gleby wynikający z używania ciężkiego sprzętu rolniczego?*
Fig. 9*. Farmers' responses to the question: Is soil compaction caused by heavy agricultural machinery a problem in your farm?*

Na pytanie *Czy użytkowanie gruntów ornych może wpływać na zanieczyszczenie powietrza?* prawie 72% respondentów gminy Kuźnia Raciborska odpowiedziało twierdząco (rys. 10). Jeden rolnik zaprzeczył a reszta pozostało niezdecydowanych. Podobne wyniki spłynęły z gminy Krzyżanowice z tą różnicą, że w tej gminie był jeden rolnik więcej niezdecydowany kosztem jednego zdecydowanego względem gminy Kuźnia Raciborska.

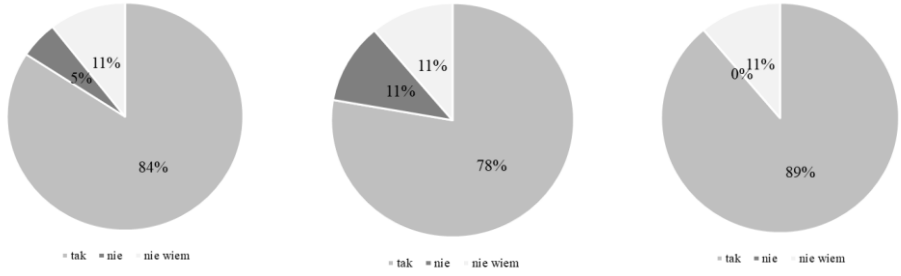
Rys. 10. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy użytkowanie gruntów ornych może wpływać na zanieczyszczenie powietrza?*
Fig. 10. *Farmers' responses to the question: Can the use of arable land contribute to air pollution?*

W gminie Nędza wyniki prezentują się nieco inaczej. Prawie połowa to odpowiedzi twierdzące, sześciu rolników zaprzeczyło a reszta pozostała niezdecydowana. U większości ankietowanych pierwszą myślą po przeczytaniu pytania były spaliny z ciągników. Kolejno wymieniali używanie pestycydów. Żaden z rolników nie wspomniał chociażby o zapyleniu podczas wykonywania upraw itd. Zużycie środków ochrony roślin przez rolników w ostatnim dziesięcioleciu wykazuje znaczące zmiany, które są ściśle związane z rosnącą świadomością ekologiczną oraz regulacjami prawnymi. Jak wynika z raportu Głównego Urzędu Statystycznego [2023], w Polsce zaobserwowano spadek ilości stosowanych chemicznych pestycydów o około 15% w porównaniu z początkiem dekady. Równocześnie, rolnicy coraz częściej sięgają po alternatywne metody ochrony roślin, takie jak biologiczne środki ochrony, czy integrowana ochrona roślin. Działania te są efektem zarówno wprowadzenia bardziej restrykcyjnych norm unijnych, jak również zwiększonego dostępu do edukacji i szkoleń z zakresu zrównoważonego rolnictwa. Badania przeprowadzone przez Marcinkowskiego [2010]. potwierdzają, że zmniejszone zużycie tradycyjnych środków ochrony roślin przyczynia się do poprawy jakości gleby i wód, a także wspiera bioróżnorodność na terenach rolniczych.

Na pytanie *Czy w Pan/Pani gospodarstwie, że w ciągu ostatniego dziesięciolecia (2014-2024) nastąpił wzrost zużycia środków ochrony roślin?* większość ankietowanych gminy Krzyżanowice odpowiedziało twierdząco (rys. 11). Żaden rolnik nie zaprzeczył natomiast dwóch pozostało niezdecydowanych. Niemal identyczne wyniki uzyskano w gminach Kuźnia Raciborska i Nędza z tym, że w gminie Kuźnia Raciborska była jedna przecząca odpowiedź więcej kosztem twierdzącej względem gminy Nędza. Można stwierdzić, że rolnicy zwiększyli ilość stosowanych pestycydów w ostatnich latach. Respondenci wskazywali, że najbardziej byli zmuszeni zwiększyć ochronę fungicydową oraz ochronę herbicydową (ze względu na uodpornienie się chwastów na substancje czynne środków).

Zaniechanie używania nawozów mineralnych na rzecz nawożenia organicznego staje się coraz bardziej popularne wśród rolników, którzy dążą do zrównoważonego rolnictwa i ochrony środowiska. Jak wskazują badania przeprowadzone przez Żuchowska-Grzywacz [2024], rolnicy coraz częściej zdają sobie sprawę z długoterminowych korzyści płynących z zastosowania

nawozów organicznych, takich jak obornik, kompost czy zielone nawozy. Nawozy organiczne nie tylko poprawiają strukturę gleby, zwiększając jej żyzność, ale także wspierają bioróżnorodność mikroorganizmów glebowych i redukują ryzyko zanieczyszczenia wód gruntowych azotanami. Autorzy podkreślają, że rolnicy, którzy przestawili się na nawożenie organiczne, obserwują poprawę jakości swoich upraw oraz większą stabilność ekosystemu glebowego, co jest kluczowe dla długoterminowej efektywności rolnictwa [Żuchowska-Grzywacz 2024].



Mieszkańcy gminy Nędza | Mieszkańcy gminy Kuźnia Raciborska | Mieszkańcy gminy Krzyżanowice

Rys. 11. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy w Pan/Pani gospodarstwie, że w ciągu ostatniego dziesięciolecia (2014-2024) nastąpił wzrost zużycia środków ochrony roślin?*
Fig. 11. *Farmers' responses to the question: Has there been an increase in the use of plant protection products in your farm over the last decade (2014-2024)?*

Na pytanie *Czy uważa Pan/Pani, że możliwe jest by całkowicie zastąpić nawożenie mineralne nawozami organicznymi?* respondenci trzech gmin byli zgodni – nie (rys. 12). Rolnicy biorący udział w badaniach nie widzą możliwości zastąpienia nawozów mineralnych organicznymi. Uważają, że nawozy organiczne są niezwykle ważne i potrzebne, jednocześnie zawartość makro i mikroskładników w nawozach mineralnych wydaje się niezastąpiona.

Mieszkańcy gminy Nędza | Mieszkańcy gminy Kuźnia Raciborska | Mieszkańcy gminy Krzyżanowice

Rys. 12. Odpowiedzi rolników na pytanie: *Czy uważa Pan/Pani, że możliwe jest by całkowicie zastąpić nawożenie mineralne nawozami organicznymi?*
Fig. 12. *Farmers' responses to the question: Do you believe it is possible to completely replace mineral fertilization with organic fertilizers?*

IV. PODSUMOWANIE

W kontekście globalnych wyzwań dla retardacji takich niekorzystnych zjawisk, jak zmiany klimatyczne, degradacja gleb i utrata bioróżnorodności, temat wpływu rolnictwa na środowisko w opinii właścicieli wybranych gospodarstw rolnych położonych na terenie powiatu raciborskiego zasługuje na szczegółową analizę. Badanie opinii rolników może przynieść nowe perspektywy na temat lokalnych wyzwań ekologicznych oraz potencjalnych możliwości ich rozwiązania. W kontekście rozwoju strategii rolnictwa zrównoważonego, opinie te mogą służyć również jako podstawa do działań promujących ekologiczne praktyki w regionie.

Na podstawie przeprowadzonych badań wysunięto następujące wnioski:

1. Ankietowani rolnicy gmin: Nędza, Kuźnia Raciborska i Krzyżanowice wykazują tendencje do samokształcenia, zwiększając swoją wiedzę m.in. w zakresie ochrony środowiska.
2. Respondenci nie wykazują pełnej świadomości zagrożeń obecnych w lokalnym środowisku.
3. Rolnicy biorący udział w badaniach zwiększyli ilość stosowanych pestycydów w ostatnich latach. Wskazywali jednocześnie na zwiększenie stosowania ochrony fungicydowej oraz herbicydowej (ze względu na uodpornienie się chwastów na substancje czynne środków).
4. Obecnie rolnicy gmin Nędza, Kuźnia Raciborska i Krzyżanowice nie widzą możliwości zastąpienia nawozów mineralnych organicznymi. Uważają oni, że nawozy organiczne są niezwykle ważne i potrzebne, jednak zawartość składników w nawozach mineralnych wydaje się niezastąpiona na obecnym poziomie technologii uprawy roślin.

BIBLIOGRAFIA

1. Biernat-Jarka A. 2017. Struktura obszarowa gospodarstw i produktywność pracy w polskim rolnictwie na tle innych krajów Unii Europejskiej. Prace Naukowe UE we Wrocławiu 487. 28-38.
2. Bobrecka-Jamro D., Janowska-Miąsik E. 2014. Zanieczyszczenia gazowe środowiska pochodzące z rolnictwa i strategie ich ograniczania. Fragm. Agron. 31(3). 30-40.
3. Główny Urząd Statystyczny.2023. Raport o zużyciu środków ochrony roślin w Polsce. Wa-wa. GUS.
4. Gołębiewska B., Chlebicka A., Maciejczak M. 2016. Rolnictwo a środowisko. Bioróżnorodność i innowacje środowiskowe w rozwoju rolnictwa. Warszawa. Wieś Jutra.
5. Gołębiewska B., Pajewski T. 2016. Negatywne skutki produkcji rolniczej i możliwości ich ograniczania. Roczniki Naukowe SERiA. 18(5). 76-81.
6. Kagan A. 2011. Oddziaływanie rolnictwa na środowisko naturalne. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej. 3(328). 99-115.
7. Kopiński J., Nieróbca A., Ochal P. 2013. Ocena wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produkcyjności roślinnej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 13(2). 53-63.
8. Kostecka J., Mroczek J.R. 2007. Świadomość ekologiczna rolników a zrównoważony rozwój obszarów wiejskich podkarpacia. Ekonomia i Środowisko. 2(32). 164-177.
9. Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczyński T., Jadczyszyn J. 2011. Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski. Pol. Journal of Agronomy. 7. 43-58.
10. Marcinkowski T. 2010. Emisja gazowych związków azotu z rolnictwa. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. 10(3). 175-189.
11. Marks M., Buczyński G. 2002. Degradacja gleb spowodowana mechanizacją prac polowych oraz sposoby i możliwości jej zapobiegania. Postępy Nauk Rolniczych. 49(4). 27-39.
12. Musiał K., Musiał W. 2023. Instytucjonalne problemy wzmacniania usług ekosystemowych dla małych gospodarstw w nowej wspólnej polityce rolnej. Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists. 25(4). 324-337.
13. Oszmańska M. 2005. Świadomość ekologiczna rolników. Progress in Plant Protection. 45(1). 351.

14. Pajewski T. 2016. Zanieczyszczenie wody jako negatywny efekt działalności rolniczej. Roczniki Naukowe SERiA. 18(4). 191-195.
15. Rembiałkowska E., Ciesielska P., Owczarek E., Hallmann E. 2013. Ocena świadomości ekologicznej oraz postaw prośrodowiskowych wśród rolników ekologicznych i konwencjonalnych z województwa mazowieckiego. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 58(4). 135-140.
16. Sadowski A. 2020. Rolnictwo w świecie zmian- wyzwania dla doradztwa. Zagadnienia doradztwa rolniczego. 4. 7-19.
17. Siekierski Cz. 2020. Uwarunkowania rozwoju polskiego rolnictwa w kontekście zmian ustrojowych, integracji z UE oraz ewolucji wspólnej polityki rolnej. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej. 1(362). 122-137.
18. Styburski W., Kozera-Kowalska M., Uglis J. 2023. Ekoschematy jako nowe narzędzie wsparcia rolnictwa – stan realizacji w Polsce. Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists. 25(3). 287-302.
19. Talarczyk W., Lowinski L. 2019. Uprawa roli i mechaniczna pielęgnacja roślin w świetle Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna. 4. 2-5.
20. Żuchowska-Grzywacz M. 2024. Rolnictwo zrównoważone wobec współczesnych wyzwań. Zeszyty Prawnicze. 24. 123-143.

THE INFLUENCE OF AGRICULTURE ON THE ENVIRONMENT IN THE OPINION OF OWNERS OF SELECTED FARMS LOCATED IN THE RACIBÓRZ DISTRICT

Summary

The objective of this study was to understand the opinions and views of farmers on selected topics related to environmental protection in agriculture. The research was conducted in 2024 using structured interviews, with the main research tool being a survey. The study involved farmers from three municipalities in the Racibórz district: Kuźnia Raciborska, Krzyżanowice, and Nędza. Respondents do not show full awareness of the environmental threats present in the local area. The findings indicate that in recent years, farmers have increased the amount of plant protection products used, including pesticides, fungicides, and herbicides. This trend is associated with the resistance of weeds to the active substances contained in these products.

Keywords: farmers' awareness, environmental protection, survey research, retardation

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 137-144. rok 2024

KAROLINA MROCZEK[1], DARIA JANDA[1], ANITA KOT[1], JANUSZ R. MROCZEK[2]

[1]Studenckie Koło Naukowe Oceny i Przetwórstwa Żywności, e-mail: *karolinamr@dokt.ur.edu.pl*
[2]Zakład Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Rzeszowski

WEGETARIANIZM JAKO ALTERNATYWNY SPOSÓB ODŻYWIANIA W KONTEKŚCIE RETARDACJI PRZEKSZTAŁCANIA ZASOBÓW

Wegetarianizm staje się w ostatnich latach coraz popularniejszym trendem żywieniowym, nie tylko na świecie, ale również w Polsce. Uznawany jest powszechnie za zdrową dietę i dla wielu osób stanowi jeden z istotniejszych filarów proekologicznej filozofii życiowej. Zasoby środowiska Ziemi są ograniczone i wyczerpywalne, nie tylko na poziomie lokalnym czy regionalnym, ale także globalnym. Konieczne jest zatem spowolnienie konsumowania zasobów, co oznacza zmiany przed którymi muszą stanąć społeczności poszczególnych krajów. Wegetarianizm, który jest wybierany przez ludzi z pobudek etycznych, zdrowotnych, bądź ekologicznych jest obecnie jedną z oznak tych zmian, a jego idea wpisuje się w koncepcję retardacji przekształcania zasobów przyrody.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, retardacja, wegetarianizm

I. WSTĘP

Termin wegetarianizm pochodzi od łacińskich słów *vegetablis* - roślinny i *vegetare* - rozwijać się, rosnąć. *Vegatus* można tłumaczyć jako: zdrowy, krzepki i pełen życia, a wyrażenie *homo vegatus* charakteryzuje osobę pełną wigoru fizycznego i umysłowego [Dasa 1993].

Wegetarianizm jest sposobem odżywiania polegającym na ograniczeniu jadłospisu do pokarmów pochodzenia roślinnego, przygotowywanych na bazie roślin zbożowych, strączkowych, oleistych, warzyw, owoców i grzybów. Znany był od zarania cywilizacji, jednak dużą popularność zdobył dopiero w ubiegłym stuleciu. Jedna z największych społeczności wegetariańskich żyje w Indiach (35,71%). Duży odsetek wegetarian charakteryzuje także kraje, takie jak: Włochy (9,67%), Niemcy (9,02%), Wielka Brytania (8,57%) i Stany Zjednoczone Ameryki Północnej (3,78%) [Mehta 2018]. Wzrastająca popularność powstrzymywania się od spożywania jakiejkolwiek żywności pochodzenia zwierzęcego może być motywowana przyczynami ekologicznymi, humanitarnymi, etycznymi, zdrowotnymi lub religijnymi [Cader i Lesiów 2020, Cader i Lesiów 2021, McKeown i Dunn 2021].

Celem pracy jest przybliżenie wiedzy na temat wegetarianizmu, a hipoteza badawcza sprowadza się do wykazania, że dieta wegetariańska mniej obciąża środowisko i wpisuje się w koncepcję retardacji przekształcania zasobów przyrodniczych.

II. METODYKA PRACY

Opracowanie jest artykułem przeglądowym, opartym na przeprowadzonym studium publikacji naukowych i popularnonaukowych. Analizę prowadzono w bazie Google Scholar

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.14

w oparciu o słowa kluczowe: rozwój zrównoważony, retardacja przekształcania zasobów przyrodniczych i wegetarianizm. Podjęcie tematu uzasadnione jest poszukiwaniem odpowiedzi na pytanie: w jakiś sposób różnorodne działania podejmowane przez ludzi mogą zmniejszyć nasz ślad węglowy, jednocześnie wpisując się w koncepcję retardacji przekształcania zasobów naturalnych.

III. WYNIKI

Retardacja przekształcania zasobów w aspekcie zrównoważonego rozwoju

Idea zrównoważonego rozwoju pojawiła się w latach 80. XX wieku jako remedium na zagrożenia wynikające z niekontrolowanej produkcji i konsumpcji oraz z faktu, że skończona pod względem zasobów Ziemia, nie jest w stanie skutecznie sprostać nieskończonym potrzebom ludzi. U podstaw zrównoważonego rozwoju leży konsensus społeczny, który wymaga konsekwentnego przestrzegania podstawowych zasad egzystencji ludzkiej, głoszonych przez enwironmentalizm filozoficzny jako zasada tolerancji i zasada synergii. Respektowanie pierwszej zasady odzwierciedla pragnienie ludzi do życia w pokoju w warunkach rosnącej kondensacji środowiska, która jest efektem wzrostu populacji i nasycania przestrzeni różnymi artefaktami. Z kolei zasada synergii sprowadza się do realizacji podstawowego interesu ludzkości, jakim jest ochrona życia i przetrwanie gatunku *Homo sapiens* w warunkach postępującej degradacji środowiska naturalnego i społecznego [Sztumski 2019].

Istotą zrównoważonego rozwoju jest próba odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób powinien przebiegać rozwój gospodarki, aby umożliwić trwałość tego rozwoju w długim okresie obejmującym wiele pokoleń? Obecnie funkcjonuje kilkadziesiąt rożnych definicji zrównoważonego rozwoju, co stanowi problem nie tylko poznawczy, ale i praktyczny, ponieważ termin ten może być rozumiany i interpretowany na wiele sposobów. Czym więc jest *sustainable development*: rozwojem zrównoważonym, trwałym, samopodtrzymującym czy ekorozwojem? Najczęściej przez ten termin rozumie się:

- wzrost gospodarczy uwzględniający wymogi ochrony środowiska,
- ekologicznie zmodyfikowany rozwój określonych form życia społeczno-gospodarczego,
- nową wizję społeczną opartą na zasadach dostosowanych do możliwości przyrody,
- etap na drodze do społeczeństwa ekologicznego, w trakcie którego dokonana zostanie zmiana świadomości ludzi, procesów gospodarczych, technologii oraz stosunków politycznych i relacji między państwami w skali globalnej [Borys 2003, Kośmicki 2005].

W Polsce pierwsze definicje zrównoważonego rozwoju zostały sformułowane w latach 90. ubiegłego wieku. Prekursorem był prof. Stefan Kozłowski (1922-2007) [2005], który używał określenia ekorozwój dla wszelkich działań poprawiających warunki życia człowieka na Ziemi i niepowodujących degradacji środowiska przyrodniczego.

Zrównoważony rozwój oznacza nową filozofię rozwoju globalnego, regionalnego i lokalnego, przeciwstawiającą się wąsko rozumianemu wzrostowi gospodarczemu. Proces ten musi uwzględniać istniejące powiązania między gospodarką, społeczeństwem i środowiskiem przyrodniczym. Eliminowanie lub osłabianie jednego z podsystemów powoduje zaburzenia w funkcjonowaniu dwóch pozostałych. Jest to zatem taki sposób prowadzenia działalności gospodarczej, wykorzystania środowiska oraz organizacji życia społecznego, który zapewnia rozwój nowych proekologicznych technologii oraz trwałość użytkowania zasobów przyrodniczych [Mroczek 2015].

Do oceny realizacji procesu zrównoważonego rozwoju w praktyce służą wskaźniki, które można podzielić na trzy grupy: stanu - mierzą jakość środowiska, presji - obrazują główne źródła zagrożeń środowiskowych oraz działań zapobiegawczych - ujmują w sposób ilościowy działania podejmowane przez społeczeństwo lub instytucje w celu poprawy stanu

środowiska. Bardzo istotne są wskaźniki o charakterze globalnym: *Living Planet Index* oraz *World Ecological Footprint*, obrazujące stan biosfery i oddziaływanie człowieka na środowisko. *Living Planet Index* - zwany Indeksem Żyjącej Planety jest miernikiem bogactwa żywej przyrody i stanu biosfery. Wskaźnikiem tym posługuje się w corocznych raportach Światowy Fundusz na Rzecz Dzikich Zwierząt (WWF). Na przestrzeni ostatnich dekad wskaźnik życia planety zmalał o 30%. Fakt ten oznacza, że o tyle zmniejszyła się bioróżnorodność na świcie. Największe spustoszenie bioróżnorodności dokonywane jest w lasach tropikalnych. W efekcie odnotowano tam spadek indeksu o 60%. Z kolei wskaźnik *World Ecological Footprint* - Ekologiczny Odcisk Stopy mierzy stopień konsumpcji żywności, materiałów i energii w przeliczeniu na obszary biologicznie produktywne, czyli zdolne do produkcji dóbr i wchłonięcia odpadów. Według raportu z 2022 roku, ludzkość żyje na kredyt, zadłużając się u przyszłych pokoleń. Do zaspokojenia średnich potrzeb człowieka potrzeba 2,7 globalnego hektara (gha), który jest miarą produktywnej powierzchni ziemi. Obecnie dysponujemy 12,4 mln gha, co daje w przeliczeniu na statystycznego człowieka 1,6 gha. Według prognoz demograficznych w 2050 roku liczba mieszkańców osiągnie 9 miliardów i wówczas powierzchnia produktywna na jednego mieszkańca Ziemi zmniejszy się do 0,9 gha. Obecnie wykorzystujemy 175% mocy regeneracyjnych Ziemi, w 2050 roku wskaźnik ten przekroczy 200%, a trzeba zwrócić uwagę, że w latach 60. ubiegłego wieku ludzkość wykorzystywała zaledwie 60% zasobów biosfery [WWF 2022].

Spowalnianie nadmiernej eksploatacji zasobów nieodnawialnych i odnawialnych, stanowi ogromne wyzwanie w kontekście zachowania ich dla przyszłych pokoleń. Wychodzi naprzeciw temu koncepcja retardacji tempa przekształcania zasobów przyrody, która jest pojęciem z zakresu filozofii gospodarowania środowiskiem. Racjonalne korzystanie z sił, procesów przyrodniczych i walorów środowiska nie powoduje ich zużycia, co daje możliwość długotrwałej eksploatacji. Taka filozofia gospodarowania stanie się rzeczywistością tym szybciej, im więcej ludzi zrozumie błąd w dotychczasowym myśleniu o środowisku, o mechanizmach jego funkcjonowania i użytkowania. Dlatego warto zajmować się problemami retardacji w aspekcie naukowym, dydaktycznym i praktycznym [Poskrobko i Kostecka 2016].

Retardacja jest terminem pochodzenia łacińskiego (*retardatio*) i może być stosowana także w płaszczyźnie przyrodniczej, gdzie będzie oznaczać zjawiska, które opóźniają, powstrzymują, zatrzymują lub spowalniają procesy przyrodnicze, szeroko pojęte tempo rozwoju technologicznego człowieka, zjawiska w biosferze prowadzące do utraty bioróżnorodności, przekształcania przestrzeni i inne. Uzupełnia ciąg ważnej środowiskowo terminologii, obejmującej między innymi pojęcia: restytucja (łacińskie *restytuctio* - przywrócenie), rewitalizacja (łacińskie *re vita* - przywrócenie do życia, ożywienie) czy kompensacja przyrodnicza (przywracanie równowagi przyrodniczej) [Kostecka 2010].

Upowszechniając retardację przekształcania zasobów środowiska i odpowiednie zarządzanie tym procesem, można przedłużyć pełną funkcjonalność ekosystemów w celu zachowania świadczonych przez nie usług. Zatem retardacja może być ważnym narzędziem wdrażania nowego podejścia do posiadanego bogactwa przyrodniczego i usług środowiska. Retardacja, rozumiana jako zjawisko opóźniające i spowalniające procesy przekształcania zasobów przyrodniczych, jest realną potrzebą i jednocześnie realizacją konstytucyjnej zasady zrównoważonego rozwoju [Kostecka 2013].

Niezrównoważona konsumpcja mięsa i jej wpływ na środowisko

Spożywanie mięsa jest korzystne dla zachowania zbilansowanej diety, jednak obecnie jego konsumpcja wielokrotnie przekracza zalecane ilości. Tygodniowe spożycie mięsa dla przeciętnej dorosłej osoby nie powinno przekraczać 300 g i 200 g ryb. Tymczasem

w większości rozwiniętych krajów świata spożycie mięsa od dziesięcioleci pozostaje na wysokim i w miarę stałym poziomie. W Niemczech każda osoba zjada około 60 kg rocznie, w Polsce ponad 70 kg, a w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej i Australii wskaźnik ten wskaźnik wynosi ponad 100 kg [EAT-Lancet Commission 2019].

Produkcja mięsa jest niewydajna energetycznie, gdyż zaledwie kilkanaście procent energii wprowadzonej w postaci pasz jest przekształcana w produkt końcowy, co stanowi wyjątkowo słaby wynik w porównaniu z produkcją żywności pochodzenia roślinnego, dla której analogiczny wskaźnik wynosi nawet 50%. Tymczasem, pomimo tego faktu 40% światowych zasobów zboża przeznacza się na pasze dla zwierząt gospodarskich, a 85% światowych zasobów bogatej w białko soi służy do wykarmienia trzody chlewnej, drobiu i bydła. Już William Paley angielski przedstawiciel teologii naturalnej w XVIII wieku zauważył, że dieta mięsna jest marnowaniem żywności w porównaniu z dietą roślinną. Zgadzał się z nim również w swoim dziele *Badania nad naturą i przyczynami bogactwa narodów* filozof i ekonomista Adam Smith. Rezygnacja z jednego ogniwa troficznego jakim jest produkcja zwierzęca, pozwoliłaby zaoszczędzić znaczące ilości energii w postaci pasz zużywanych przez zwierzęta. Gdyby mieszkańcy Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej przeszli na dietę typową dla wegetarian, to żywność przez nich spożywana wystarczyłaby dla wyżywienia 1,7-2,2 miliarda wegetarian w przeliczeniu na wartość kaloryczną pożywienia. W krajach biednych jedna osoba zjada poniżej 200 kg zboża rocznie. Natomiast Europejczyk czy Amerykanin spożywa około 1000 kg zboża rocznie, z czego 85-90% w postaci mięsa. Zatem statystyczny mieszkaniec krajów wysokorozwiniętych zużywa pięciokrotnie więcej pokarmu, niż Kolumbijczyk, Hindus czy mieszkaniec Nigerii [Mroczek i Mroczek 2019].

Inną ceną jaką płacimy za jedzenie mięsa jest zanieczyszczenie środowiska. Przemysłowy chów zwierząt emituje do środowiska duże ilości amoniaku i fosforu [Barszczewski i in. 2010]. Według raportów Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu ONZ (IPCC) udział produkcji zwierzęcej wraz z jej bazą paszową w globalnym efekcie cieplarnianym wynosi 18%. Od 20 do 40% zawartości węgla w dawce pokarmowej nie ulega trawieniu i jest zwracane do środowiska w postaci odchodów. Szacuje się, że na jednostkę produktu przypada: 13,1 kg ekwiwalentu CO_2 dla bydła mięsnego, dla trzody chlewnej 6,35 kg oraz dla drobiu 4,57 kg [Krupiński i in. 2011]. Presja środowiskowa produkcji mięsa jest wielokierunkowa i obejmuje: zużycie wody i energii, wykorzystanie gruntów na potrzeby produkcji pasz, emisję gazów oraz ocieplenie klimatu [Doroszewski i in. 2015]. Nie dziwi zatem duża uwaga, jaką zwraca się w walce z efektem cieplarnianym na zagadnienia chowu zwierząt.

Istotną częścią negatywnego wpływu produkcji zwierzęcej na środowisko jest zmieniająca się struktura wykorzystania gruntów. Szacuje się, że tylko w 2020 roku zniszczono 4,2 mln hektarów lasów tropikalnych. Ich miejsce zajmują głównie plantacje modyfikowanej genetycznie soi. Niekorzystne jest także powstawanie globalnych łańcuchów produkcji i dostaw mięsa, co oznacza konieczność transportowania paszy i mięsa na duże odległości [Baroni i in. 2007].

Wegetarianizm a retardacja przekształcania zasobów przyrodniczych

Wegetariański styl życia jest powiązany z rozwijającym się trendem ekologizacji konsumpcji i łączy się bezpośrednio z większą świadomością konsumencką, dotyczącą procesu powstawania i pochodzenia żywności [Rachocka 2003, Kacprzak-Choińska 2007]. Zwolennicy wegetarianizmu przedstawiają różne racje swojego wyboru sposobu odżywiania. Dla części z nich są to racje moralne, inni wskazują na problemy ekologiczne, gdyż spożywanie mięsa przyczynia się do marnowania pożywienia roślinnego i wody pitnej oraz zanieczyszczania środowiska naturalnego przez przemysłowy chów zwierząt gospodarskich. Wymienia się także pozytywne skutki diety bezmięsnej takie, jak

dobroczynny wpływ na zdrowie i długowieczność wegetarian oraz kształtowanie wrażliwości moralnej i empatii, które mogą się rozprzestrzeniać na inne sfery życia, minimalizując skłonności do okrucieństwa [Kuśmierczyk 2004, Adamczyk i Maison 2019].

Wśród diet wegetariańskich istnieje klika odmian w zależności od eliminowanego produktu. Najbardziej popularną wydaje się być dieta semiwegetariańska, nazywana potocznie dietą półwegetariańską. Jest ona najmniej rygorystyczna ze wszystkich diet wegetariańskich, gdyż umożliwia spożywanie produktów mlecznych, jaj, ryb i niewielkich ilości mięsa drobiowego. W ostatnich latach wywołuje ona duże zainteresowanie wśród żywieniowców ze względu na jej potencjalne korzyści w zapobieganiu i leczeniu chorób cywilizacyjnych. Z kolei dieta laktoowowegetariańska dopuszcza spożywanie przetworów mlecznych i jaj, a wyklucza całkowicie pokarmy mięsne. Natomiast dieta laktowegetariańska eliminuje z żywienia wszystkie produkty pochodzenia zwierzęcego, z wyjątkiem mleka i jego przetworów. Najbardziej rygorystyczni są weganie, gdyż jedynymi produktami, które dostarczają im składników odżywczych to warzywa, owoce, zboża i inne naturalne produkty roślinne. Weganie nie używają także przedmiotów i odzieży wykonanych ze skóry lub wełny oraz nie stosują leków i kosmetyków, które powstały z udziałem zwierząt [Pyrzyńska 2013]. Bardzo restrykcyjnymi odmiany weganizmu są witarianizm i frutarianizm. Witarianie spożywają surowe warzywa i owoce. W diecie tej nie stosuje się jakiejkolwiek formy obróbki termicznej, powyżej 42°C. Natomiast frutarianie jedzą jedynie produkty, pozyskane w sposób naturalny, bez uszkadzania roślin. Podobnie, jak witarianie również nie stosują obróbki termicznej [Śliwińska i in. 2014].

Wegetarianizm jest istotnym filarem zrównoważonego rozwoju, którego idea pojawiła się na bazie rozważań o konieczności wprowadzania gruntownych zmian w gospodarce światowej. Postępująca degradacja środowiska naturalnego powodująca zagrożenie dla zdrowia coraz większej liczby ludzi, stanowi impuls do mobilizacji świata nauki, polityki i biznesu do wypracowania wspólnych działań na rzecz dalszego i trwałego rozwoju społeczno-gospodarczego, przyjaznego dla środowiska naturalnego [Skowroński 2006]. Naukowcy z *Barilla Center for Food and Nutrition*, organizacji zajmującej się wpływem diety na zdrowie, jak i środowisko oraz zrównoważony rozwój, opracowali piramidę zdrowego odżywiania się. Przeanalizowali oni wpływ sposobów odżywiania o różnym udziale produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego na ślad węglowy i wodny, czyli ilość produkowanych gazów cieplarnianych i zużywanej wody, a także powierzchnię niezbędną do produkcji poszczególnych artykułów spożywczych. Porównywano wpływ na środowisko trzech modeli żywienia, które były poprawnie zbilansowane, ale różniły się obecnością mięsa i produktów zwierzęcych. Pierwszy model wszystkożerny obejmował zarówno mięso, jak i produkty pochodzenia zwierzęcego, drugi laktoowowegetariański obejmował produkty roślinne i nabiał, a trzeci wegański był wyłącznie oparty na roślinach. Uzyskane wyniki sugerują, że dieta laktoowowegetariańska i wegańska, a nawet dieta opracowana na zasadach semiwegetariańskich, dopuszczająca niewielki i sporadyczny udział mięsa, generuje mniejszy wpływ na środowisko w porównaniu z dietami, które są oparte na codziennym spożyciu mięsa [Ruini i in. 2015].

Dla wielu osób argumentem za przejściem na dietę bezmięsną są korzyści zdrowotne, do których zalicza się niższy poziom cholesterolu, mniejsze ryzyko wystąpienia cukrzycy typu 2 oraz chorób układu krążenia [Hu 2003, Jenkins i in. 2003]. Inna grupa argumentów związanych z rezygnacją ze spożywania mięsa, dotyczy negatywnych konsekwencji przemysłowej produkcji zwierzęcej dla środowiska naturalnego i klimatu. Jeśli społeczeństwo w najbliższej przyszłości nie zmieni swojego sposobu odżywiania na bardziej zrównoważony i oparty na składnikach roślinnych, możemy stanąć u progu katastrofy

ekologicznej [Pimentel i Pimentel 2003]. Zmniejszenie spożycia mięsa, a w kolejnym kroku wegetarianizm może być kluczem do poprawy stanu środowiska naturalnego w wyniku ograniczenia emisji gazów cieplarnianych [Westhoek i in. 2014].

IV. PODSUMOWANIE

Postępujący kryzys ekologiczny zmusza coraz większą liczbę ludzi do przewartościowania poglądów na relacje człowieka z przyrodą, a wegetariańskie idee krytykują dotychczasowy sposób wykorzystywania naturalnych zasobów środowiska, wpisując się tym samym w koncepcję retardacji przekształcania zasobów przyrodniczych. Wegetarianie twierdzą, że mięso nie jest pożywieniem, lecz używką, a świadome rządy państw w dobie zrównoważonego rozwoju powinny szanować zdrowie obywateli, popierając zalety bezmięsnego odżywiania. Jeżeli wegetariańska dieta zostałaby uznana przez większość ludzi za wartość podstawową, to w światowej skali zmniejszy się niesprawiedliwość społeczna i konsumpcjonizm. Wegetarianizm jest zatem istotnym elementem zrównoważonego rozwoju, a postępująca degradacja środowiska naturalnego powodująca zagrożenie dla zdrowia coraz większej liczby ludzi, stanowi impuls do mobilizacji świata nauki, polityki i biznesu do wypracowania wspólnych działań na rzecz dalszego i trwałego rozwoju społeczno-gospodarczego, przyjaznego dla środowiska przyrodniczego i odbywającego się w duchu retardacji przekształcania zasobów przyrodniczych.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamczyk D., Maison D. 2019. Ideologia czy zdrowie - dwa typy wegetarianizmu. Marketing i Rynek. t. XXVI (8). 15-23. DOI 10.33226/1231-7853.2019.8.2.
2. Baroni L., Cenci L., Tettamanti M., Berati M. 2007. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production system. European Journal of Clinical Nutrition. 61 (2). 279-286.
3. Barszczewski J., Kaliszczyk A., Sakowski T., Metera E. 2010. Rozpraszanie związków azotu i fosforu z produkcji zwierzęcej. Woda - Środowisko - Obszary Wiejskie. 10 (3). 19-32.
4. Borys T. 2003. Partnerstwo jako zasada zrównoważonego rozwoju. [w:] Zarządzanie zrównoważonym rozwojem. Agenda 21 w Polsce - 10 lat po Rio. Praca zbiorowa pod red. T. Borys. Wyd. Ekonomia i Środowisko - Białystok. 196-212.
5. Cader P., Lesiów T. 2020. Wegetarianizm i jego odmiany jako alternatywa dla diety tradycyjnej. Nauki Inżynierskie i Technologie. 37. 9-33.
6. Cader P., Lesiów T. 2021. Weganizm i wegetarianizm jako diety we współczesnym społeczeństwie konsumpcyjnym. Nauki Inżynierskie i Technologie. 36. 9-26.
7. Dasa A. 1993. Kuchnia Kriszny - indyjskie potrawy wegetariańskie. Wyd. Bhaktivedanta Book Trust. 17-18.
8. Doroszewski P., Grabowicz M., Kaszkowiak J., Borowski S. 2015. Bezpieczeństwo klimatu a emisja gazów cieplarnianych przez inwentarz żywy. Logistyka. 5. 765-773.
9. EAT-Lancet Commission. 2019. The Planetary Health Diet. [dok. elektroniczny: *https://eatforum.org/eat-lancet-commission/the-planetary-health-diet-and-you*. data wejścia 10. 02. 2024].
10. Hu F.B. 2003. Plant-based foods and prevention of cardiovascular disease: An overview. The American Journal of Clinical Nutrition. 78 (3). 544-551. [dok. elektroniczny: *https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.544s.* data wejścia 10. 02. 2024].
11. Jenkins D.J., Kendall C.W., Marchie A., Jenkins A.L., Augustin L.S., Ludwig D.S., Anderson J.W. 2003. Type 2 diabetes and the vegetarian diet. The American Journal of Clinical

Nutrition. 78 (3). 610-616. [dok. elektroniczny: *https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.610s.* data wejścia 12. 02. 2024].
12. Kacprzak-Choińska A. 2007. Konsument ponowoczesny. Nowe trendy w zachowaniach nabywczych i ich konsekwencje dla marketingu. Studia i Materiały - Wydział Zarządzania Uniwersytet Warszawski. 2. 14-20.
13. Kostecka J. 2010. Retardacja przekształcania zasobów przyrodniczych jako element zrównoważonego rozwoju. Biuletyn KPZK PAN. 242. 27-49.
14. Kostecka J. 2013. Retardacja tempa życia i przekształcania zasobów przyrody - wybrane implikacje obywatelskie. Inżynieria Ekologiczna. 34. 38-52.
15. Kośmicki E. 2005. Dylematy zrównoważonego rozwoju w warunkach globalizacji gospodarki. [w:] Zrównoważony rozwój - od utopii do praw człowieka. Praca zbiorowa pod red. A. Papuziński. Wyd. Branta – Bydgoszcz. 144-157.
16. Kozłowski S. 2005. Przyszłość ekorozwoju. Wyd. Katolicki Uniwersytet Lubelski. 65-67.
17. Krupiński J., Horbańczuk J.O., Kołacz R., Litwińczuk Z., Niemiec J., Zięcik A. 2011. Strategiczne kierunki rozwoju produkcji zwierzęcej uwarunkowane oczekiwaniem społecznym, ochroną środowiska i dobrostanem zwierząt. Polish Journal of Agronomy. 7. 59-67.
18. Kuśmierczyk B. 2004. Współczesna myśl wegetarianizmu ma Zachodzie. Humanistyka I Przyrodoznawstwo. 10. 127-137.
19. McKeown P., Dunn, R. A. 2021. A 'Life-Style Choice' or a philosophical belief?: The argument for veganism and vegetarianism to be a protected philosophical belief and the position in England and Wales. Liverpool Law Review. (42). 207-241.
20. Mehta V. 2018.. Vegetarian diet: A boon or bane for health? Journal of Medical Research and Innovation. 2 (1). e000084. doi:10.15419/jmri.84.
21. Mroczek J.R. 2015. Geneza i istota zrównoważonego rozwoju. Aura Ochrona Środowiska. 4. 4-7.
22. Mroczek J.R., Mroczek K. 2019. Wegetarianizm - sposób odżywiania się czy coś więcej? Aura Ochrona Środowiska. 12. 22-25.
23. Pimentel D. i Pimentel M. 2003. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. The American Journal of Clinical Nutrition. 78 (3). 660-663. [dok. elektroniczny: *https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660s*. data wejścia 14. 02. 2024].
24. Poskrobko B., Kostecka J. 2016. Retardacja w świadomości społecznej. Polish Journal for Sustainable Development. Tom 20. 145-160. doi: 1015584/pjsd.2016.20.16.
25. Pyrzyńska E. 2013. Dieta wegetariańska w świetle zasad prawidłowego odżywiania - postawy i zachowania wegetarian w Polsce. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Towaroznawstwo. 906. 27-36.
26. Rachocka J. 2003. Dekonsumpcja, domocentryzm, ekologizacja życia - nowe tendencje konsumenckie w rozwiniętych gospodarkach rynkowych. [w]: Problemy globalizacji gospodarki. Red. Nauk. T. Bernat. Wyd. Polskie Towarzystwo Ekonomiczne - Szczecin. 185-192.
27. Ruini L.F., Ciati R., Pratesi C.A., Massimo M., Principato L., Vannuzzi E. 2015. Working toward healthy and sustainable diets: the Double Pyramid Model developed by the Barilla Center for Food and Nutrition to raise awareness about the environmental and nutritional impact of foods. Frontiers in Nutrition. 2. 9-16.
28. Skowroński A. 2006. Zrównoważony rozwój perspektywą dalszego postępu cywilizacyjnego. Problemy Ekorozwoju. 2 (1). 47-57.
29. Sztumski W. 2019. Zrównoważony rozwój - zrównoważony człowiek (zewnętrzne i wewnętrzne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju). Eunomia - Rozwój Zrównoważony - Sustainable Development. 2 (97). 7-16.

30. Śliwińska A., Olszówka M., Pieszko M. 2014. Ocena wiedzy na temat diet wegetariańskich wśród populacji trójmiejskiej. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni. 86. 133-146.
31. Westhoek H., Lesschen J.P., Rood T., Wagner S., De Marco A., Murphy-Bokern D., Oenema O. 2014. Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. Global Environmental Change. 26. 196-205. [dok. elektroniczny: *https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha. 2014.02.004.* data wejścia 15. 02. 2024].
32. WWF 2022. Living Planet Report 2022. [dok. elektroniczny: *https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/embargo_13_10_2022_lpr_2022_full_report_single_page_1.pdf.* data wejścia 14. 02. 2024].

VEGETARIANISM AS AN ALTERNATIVE DIET IN THE CONTEXT OF RETARDATION OF RESOURCE TRANSFORMATION

Summary

Vegetarianism has recently been an increasingly popular dietary trend, not only worldwide but also in Poland. It is commonly recognised as a healthy diet and, for many people it is one of the essential pillars of a philosophy of sustainable living. The Earth's natural resources are limited and exhaustible, not only locally or regionally, but also globally. It is therefore necessary to slow down the consumption of these resources, which means that communities of the specific countries will have to face significant changes. Vegetarianism, adopted for ethical, health-related or environmental reasons, today is one of the symbols of these changes, and its idea fits into the concept of retarding the transformation of natural resources.

Key words: sustainable development, retardation, vegetarianism

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 145-156. rok 2024

TERESA NOGA[1], ANNA OCHALSKA[1], ANNA BYSIEK[1], PATRYCJA MORYL[1], ANITA PORADOWSKA[2]

[1]Zakład Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii, [2]Pracownia Architektury Krajobrazu; Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Nauk Rolniczych Ochrony i Kształtowania Środowiska
e-mail: *tnoga@ur.edu.pl*

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA I ZASTOSOWANIA MORSZCZYNU (*FUCUS*) W ROLNICTWIE

Przedstawiciele rodzaju Fucus od wieków mają zastosowanie jako źródło pożywienia dla ludzi i zwierząt, w rolnictwie oraz jako środek leczniczy w medycynie ludowej. Charakteryzują się wysokimi wartościami odżywczymi, stanowiąc dobre źródło błonnika pokarmowego i minerałów, zwłaszcza jodu. Fucus vesiculosus – najczęściej badany – zawiera znaczne ilości specyficznych związków fenolowych (florotaniny PT), barwnika fukoksantyny, minerałów (głównie I oraz Ca) a także bioaktywnych polisacharydów (fukoidanów, laminaranów i alginianów). Uważa się, że makroglony będące podstawowym pożywieniem w wielu krajach azjatyckich, mogą także stać się żywnością lub składnikiem żywności i pasz na rynkach europejskich. Świat zachodni interesuje się makroglonami i postrzega je jako „superżywność", przede wszystkim przez zwiększone zainteresowanie zdrowym stylem życia i dietą oraz bardziej zrównoważoną produkcją żywności. Praca prezentuje przegląd najnowszego piśmiennictwa dotyczącego możliwości wykorzystania glonów z rodzaju Fucus w rolnictwie, także w kontekście retardacji niekorzystnych przemian ekosystemów.

Słowa kluczowe: ekstrakty, biostymulatory, dodatki do pasz, *Fucus vesiculosus*, *F. serratus*, *F. spiralis*, *retardacja*

I. WSTĘP

Wzrost populacji ludzkiej wpływa na zwiększone zapotrzebowanie na białko wysokiej jakości, które może być zaspokajane m.in. przez rośliny lądowe. Jednakże zwiększanie produkcji roślin lądowych budzi obawy środowiskowe, związane np. ze zużyciem wody, wylesianiem czy degradacją gleb [Henchion i in. 2017]. Poszukiwane są sposoby na retardację niekorzystnych zmian w środowisku towarzyszących antropopresji [Kostecka 2010].

Makroglony morskie można wykorzystać jako alternatywną biomasę w celu dostarczenia wysokiej jakości białka wymaganego na rynkach żywności i pasz. Ponadto glony te posiadają wiele zalet w porównaniu do upraw roślin lądowych, np.: szybszy wzrost i tempo reprodukcji, wyższa produktywność i wydajność fotosyntezy, a także łatwiejsze procesy uprawy i mniejsze wykorzystanie gruntów ornych [García-Vaquero 2018]. Największymi producentami makroglonów w Europie są Norwegia, Francja i Irlandia, w mniejszym stopniu także: Islandia, Rosja, Portugalia, Hiszpania, Włochy, Estonia, Dania i Bułgaria. Większość produkcji składa się z gatunków: *Ascophyllum nodosum*, *Chondrus crispus*, *Fucus* spp., *Himanthalia elongata*,

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.15

Laminaria hyperborea, Laminaria digitata, Palmaria palmata, Porphyra umbilicalis, Sachharina latissima i *Ulva* spp. [Rahikainen i Yang 2020 i literatura tam zamieszczona].

Makroglony suszone lub świeże oraz ekstrakty płynne wykorzystywane są w coraz większym stopniu przez rolników i ogrodników jako nawozy organiczne i użyźniacze gleby. Wszystkie produkty z glonów wpływają pozytywnie na: 1) stan gleby (tj. strukturę i zatrzymywanie wilgoci w glebie oraz drobnoustroje w ryzosferze), 2) wzrost i zdrowie roślin (rozwój korzeni i wzrost pędów, wchłanianie minerałów, fotosyntezę, rozmnażanie wegetatywne, plony) oraz 3) odporność na stres środowiskowy biotyczny i abiotyczny [Khan i in. 2009, Berthon i in. 2021, Michalak i Baśladyńska 2021]. Ekstrakty z makroglonów, nawet w niskich stężeniach, pobudzają wzrost roślin, poprawiają kwitnienie i plony, a nawet wydłużają okres przydatności do spożycia. Stwierdzono, że zastosowanie różnych rodzajów ekstraktów zwiększa tolerancję roślin na zasolenie, suszę i ekstremalne temperatury [Battacharyya i in. 2015, Catarino i in. 2017]. Ekstrakty i zawiesiny pochodzące z morskich brunatnic od wielu lat stosowane są w rolnictwie i ogrodnictwie. W Europie i Ameryce Północnej najczęściej wykorzystuje się *Ascophyllum nodosum*, ale także inne gatunki, np. *Laminaria digitata*, *L. hyperborea* i *Fucus serratus*. Gatunki te są wykorzystywane do produkcji bionawozów ze względu na wysoką zawartość betain, organicznych związków osmolitycznych, które mogą potencjalnie odegrać kluczową rolę w ochronie przed zasoleniem, suszą i stresem temperaturowym. Ponadto makroelementy (N, P, K, Ca, Na) oraz mikroelementy (Fe, Zn, Mn, Cu) sprzyjają wzrostowi i plonowaniu owoców [Khan i in. 2009, Blunden i in. 2010, Hamouda i in. 2016, Hamed i in. 2018]. W przeciwieństwie do nawozów chemicznych, nawozy pochodzące z wodorostów (*Fucus*, *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Sargassum*, itp.) są biodegradowalne, nietoksyczne, niezanieczyszczające i nieszkodliwe dla ludzi i zwierząt [Dhargalkar i Pereira 2005, Chatzissavvidis i Therios 2014]. Glony i ich ekstrakty wykazują również właściwości przeciwdrobnoustrojowe, chwastobójcze oraz owadobójcze i nicieniobójcze wobec patogenów upraw i dlatego mogą być stosowane jako biopestycydy [Esserti i in. 2017, Asimakis i in. 2022, Boutjagualt i in. 2022].

Brunatnice (Phaeophyta) zostały dokładniej zbadane w porównaniu do innych makroglonów i są częściej wykorzystywane do karmienia zwierząt ze względu na ich duże rozmiary i łatwość zbioru. Choć odznaczają się mniejszą wartością odżywczą niż krasnorosty (Rhodophyta) i zielenice (Chlorophyta), ze względu na niższą zawartość białka, jednak zawierają w swym składzie więcej minerałów (14–35% suchej masy) i wiele związków bioaktywnych [Makkar i in. 2016].

Rodzaj *Fucus* spp. należy do szeroko rozprzestrzenionych, wieloletnich i jadalnych morskich brunatnic, rozwijających się w przybrzeżnych i sublitoralnych strefach zimnych wód półkuli północnej. Dominuje w międzypływowych i płytkich rafach skalistych północnego Atlantyku i północnego Pacyfiku [Catarino i in. 2018, Hatchett i in. 2022].

Plechy kilku gatunków *Fucus* są od dawna zbierane i wykorzystywane jako źródło pożywienia, głównie w Azji Wschodniej, ale także w niektórych krajach Europy Zachodniej i na Alasce. Stanowią pokarm dla dużych zwierząt roślinożernych (zarówno dzikich, jak i domowych) oraz ludzi. Karmione są nimi m.in. owce, bydło, świnie a renifery w regionach Arktyki żywią się *Fucus*, kiedy pokrywa śniegowa jest zbyt głęboka i pokryta lodem (utrudnia pozyskanie porostów spod śniegu). Wysoka zawartość makro- i mikroelementów u *Fucus vesiculosus*, zwłaszcza N, P, K, J, Mo oraz Br, pozwala uznać ten glon za obiecujący nawóz naturalny. Ekstrakty z plech *Fucus* sp. działają przeciwutleniająco i przeciwgrzybicze, np. przeciwko *Fusarium culmorum* oraz stymulują wzrost roślin. Ponadto, ze względu na wysoką zawartość jodu i związków bioaktywnych (fukoidany, florotaniny, fukoksantyna), plechy *Fucus* są powszechnie wykorzystywane w przemysłach: kosmetycznym, farmaceutycznym, spożywczym

i nutraceutycznym [Díaz-Rubio i in. 2009, Pereira 2016, Catarino i in. 2018, Michalak i Baśladyńska 2021, Hatchett i in. 2022, Obluchinskaya i in. 2022, Yurkevich i in. 2022, Circuncisão i in. 2024 i literatura zamieszczona w tych artykułach].

Obecnie wzrasta stosowanie biologicznie aktywnych dodatków paszowych, w tym m.in. różnych ekstraktów roślinnych i naturalnych stymulatorów. Zadaniem ich jest pomoc w uzyskaniu wysokiej jakości produktów rolnych, przyjaznych dla środowiska, a także wykorzystywane są w żywieniu zwierząt gospodarskich, drobiu i w akwakulturach. Stosowanie glonów w żywieniu zwierząt rośnie, ponieważ zawierają szereg związków biologicznie czynnych i można je stosować jako prebiotyki [Wells i in. 2017, Buryakov i in. 2023].

Obluchinskaya i współautorzy [2022] badali zawartość pierwiastków w plechach *Fucus vesiculosus* zebranych z różnych mórz regionu Arktyki i stwierdzili, że glon ten nie kumuluje toksycznych dawek pierwiastków. Z tego względu można go bezpiecznie stosować w produkcji żywności i leków i jako źródło aktywnych związków biochemicznych. Podobnie Krautforst i współautorzy [2023] badali plechy *Fucus vesiculosus* pochodzące z Morza Bałtyckiego. Skład pierwiastkowy ekstraktu zawierał głównie Na, S i K (88–144 mg/L) oraz dość wysokie wartości Mg, P, Al i Fe (4–30 mg/L). Pierwiastki te mogą odpowiadać za potencjalną stymulację roślin do wzrostu. Autorzy jednocześnie podkreślają w swej pracy, że z biomasy nie wyekstrahowano toksycznych jonów metali As, Cd, Cr, Hg i Pb (ich stężenie w ekstrakcie było poniżej granicy wykrywalności). Z tego względu ekstrakt uzyskany z *Fucus vesiculosus* jest bezpieczny i może być stosowany jako potencjalny biostymulator wzrostu roślin, bez ryzyka skażenia gleby lub roślin metalami toksycznymi.

Niestety, większość dostępnej literatury na temat makroglonów morskich koncentruje się głównie na ich zastosowaniach w przemysłach farmaceutycznym i spożywczym, natomiast ich potencjalne wykorzystanie w rolnictwie (zwłaszcza w zrównoważonym rozwoju rolnictwa) pozostaje nadal na drugim planie. W tym przeglądzie podsumowano zastosowanie makroglonów z rodzaju *Fucus* w różnych dziedzinach rolnictwa, co pokazuje duże możliwości w kontekście retardacji niekorzystnych przemian ekosystemów rolniczych.

II. METODA PRACY

Dokonano przeglądu dostępnej literatury, a następnie podsumowano informacje dotyczące możliwości wykorzystania i zastosowania makroglonów z rodzaju *Fucus* sp. (*Fucus vesiculosus, F. serratus, F. spiralis*) w różnych gałęziach rolnictwa. Dane literaturowe zamieszczone w pracy wyszukiwano w dostępnych bazach danych (m.in. Google Scholar, Scopus, etc.), uwzględniając zarówno prace oryginalne, jak i przeglądowe. Podczas przeglądania i wyszukiwania danych literaturowych zwrócono szczególną uwagę na najnowsze piśmiennictwo, tj. opublikowane w ostatnim dwudziestoleciu.

III. SKŁAD CHEMICZNY

Morskie makroglony, stanowiące w wielu regionach świata niejednokrotnie trudne do zagospodarowania odpady, mogą być źródłem łatwo dostępnej biomasy. Surowiec taki jest cenny ze względu na unikalny skład chemiczny (tab. 1), tj.: polisacharydy (m.in. fukoidan, agar, laminaryna), aminokwasy, lipidy (w tym wielonienasycone kwasy tłuszczowe), liczne makro- (np. K, Ca, Mg) i mikroelementy (np. Fe, Cr, Mn), witaminy (m.in. A, B, C, E), naturalne pigmenty oraz związki o działaniu przeciwutleniającym, np. polifenole [Krautforst i in. 2023 i literatura tam zamieszczona]. Plechy morskich makroglonów zawierają minerały z wody morskiej w ilości 10–20 razy większej w porównaniu do roślin lądowych [Makkar i in. 2016]. Wilgotność plech *Fucus* jest bardzo wysoka i sięga blisko 90% biomasy. Stężenia wielu pierwiastków są zmienne w zależności od sezonu, warunków środowiskowych, rozmieszczenia

geograficznego oraz innych czynników. Plechy *Fucus* zawierają bardzo dużo węglowodanów, natomiast zawartość lipidów i białek jest niska (tab. 1) i związana z sezonowością, przy czym najwyższa obserwowana jest pod koniec zimy i wiosną. Generalnie makroglony charakteryzują się niską zawartością tłuszczu (najczęściej poniżej 4%).

Tabela 1 – *Table 1*

Morfologia, występowanie i skład chemiczny gatunków z rodzaju *Fucus* / *Morphology, occurrence and chemical composition of thalli of the Fucus species*

	Fucus vesiculosus	***Fucus serratus***	***Fucus spiralis***
morfologia / *morphology*	brunatne plechy, rozgałęzione widlasto, 20–100 cm wysokie, 0,5–2 cm szerokie, z gładkimi brzegami oraz pęcherzami powietrznymi *brown thalli, fork-branched, 20–100 cm high, 0.5–2 cm wide, with smooth edges and air bladders*	oliwkowobrunatne plechy, widlasto rozgałęzione, do 60 cm wysokie, 1,5 cm szerokie, brzegi plechy piłkowane (pojedynczo lub podwójnie), bez pęcherzy powietrznych *olive-brown thalli, fork-branched, up to 60 cm high, 1.5 cm wide, thalli edges serrated (singly or doubly), no air bladders*	plechy brązowe lub oliwkowo-zielone, widlasto rozgałęzione, do 30 cm wysokie (rzadko do 60 cm), bez pęcherzy powietrznych *brown or olive-brown thalli, fork-branched, up to 30 cm high (rarely to 60 cm), no air bladders*
Literatura / *References*: Van Patten i Yarish [2009], Pliński i Surosz [2013], Laekeman [2015]			
występowanie / *occurrence*	środkowa strefa pływów w morzach chłodnych i zimnych półkuli północnej o dużym zasoleniu, rozwija się na kamieniach i na muszlach mięczaków *middle intertidal zone in the cool and cold seas of the Northern Hemisphere with high salinity, developing on rocks and mollusk shells*	górna strefa pływów w morzach chłodnych i zimnych półkuli północnej o dużym zasoleniu, rozwija się na kamieniach i na muszlach mięczaków *main intertidal zone in the cool and cold seas of the Northern Hemisphere with high salinity, developing on rocks and mollusk shells*	dolna i środkowa strefa pływów w chłodnych i zimnych morzach półkuli północnej o dużym zasoleniu *down and middle intertidal zone in the cool and cold seas of the Northern Hemisphere with high salinity*
Literatura / *References*: Pliński i Surosz [2013], Catarino i in. [2018]			
skład chem. / *chem. composition %*	węglowodany: 34–66, białka: do 14, lipidy: do 4,6, związki popielne: 14–36, minerały (najwięcej K, Na, Ca, mniej licznie Mg, P, Mn, Fe) *carbohydrates: 34–66, protein: up to 14, lipids: up to 4,6, ash: 14–36, minerals (the most K, Na and Ca, less numerous Mg, P, Mn, Fe)*	węglowodany: 26–62, białka: 10–17, lipidy: do 3, związki popielne: do 23,8, minerały (najwięcej Br, I, Fe, mniej licznie Mn, Zn, Ca, Mn, Cu, P) *carbohydrates: 26–62, protein: 10–17, lipids: up to 3, ash: up to 23,8, minerals (the most Br, I, Fe, less numerous Mn, Zn, Ca, Mn, Cu, P)*	węglowodany: 63, białka: do 11, lipidy: do 5, związki popielne: do 22, minerały (najwięcej Fe, Br, I, mniej licznie Zn, Mn, Ca, Mg) *carbohydrates: 63, protein: up to 11, lipids: up to 5, ash: up to 22, minerals (the most Fe, Br, I, less numerous Zn, Mn, Ca, Mg)*
Literatura / *References*: Peinado i in. [2014], Garcia-Vaquero i Hayes [2016], Cabrita i in. [2016], Lorenzo i in. [2017], Catarino i in. [2018], Morais i in. [2020], Obluchinskaya i in. [2022]			

Brunatnice zawierają mniej białka w porównaniu z zielenicami (11–26%) i krasnorostami (11–33%), natomiast podobną ilość jak rośliny bogate w białko (np. soja, zboża), jaja i ryby [Herbreteau i in. 1997, Fleurence 1999, Denis i in. 2010, Peinado i in. 2014, Garcia-Vaquero i Hayes 2016, Lorenzo i in. 2017]. Zawartość minerałów w glonach jest na ogół wysoka, jednak zmienia się w zależności od rozmieszczenia geograficznego i miejsca zbioru, ekspozycji na fale, sezonowości, a różnice widoczne są nawet między gatunkami w tym samym rodzaju. Gatunki z rodzaju *Fucus* zawierają od 19% do 36% związków popielnych, czyli znacznie więcej niż rośliny lądowe (tab. 1). *Fucus vesiculosus* zawiera najwięcej K, Na i Ca. Warto podkreślić, że brunatnice, w tym także *Fucus*, zawierają bardzo duże ilości jodu – od 13 do 73 mg/100 g suchej masy [Kraan 2013, Lorenzo i in. 2017, Catarino i in. 2018]. Brunatnice z rodzaju morszczyn są szczególnie bogate w fukoidany. *Fucus vesiculosus* był pierwszym gatunkiem, u którego w 1913 roku Kylin odkrył fukoidan [FUKOSAN 2017–2020].

IV. WPŁYW NAWOZÓW I EKSTRAKTÓW Z *FUCUS* NA GLEBĘ I ROŚLINY

Morskie makroglony odgrywają ważną rolę jako nawóz organiczny albo jako kompost, zwłaszcza w rolnictwie na terenach nadmorskich. Często wykorzystywane są w przybrzeżnych regionach Szkocji poprzez rozrzucanie na gruntach ornych plech brunatnic w celu poprawy właściwości gleb. Glony zbierane są w miesiącach jesienno-zimowych, kiedy morze wyrzuca na brzeg duże ilości plech, głównie gatunki z rodzajów *Ascophyllum*, *Laminaria* i *Fucus serratus* [WSH 2016, Oluwadare i in. 2020]. Badania prowadzone przy zastosowaniu doglebowo plech *Fucus serratus*, wykazały, że brunatnica ta może być tanim i łatwo dostępnym nawozem organicznym oraz stanowi źródło szybko uwalniającego się, labilnego cynku w glebie. *Fucus vesiculosus* lub gatunki z rodzaju *Laminaria* można nakładać na glebę jako ściółkę (bardzo szybko ulega rozkładowi) lub można je dodawać do kompostu. Galaretowaty alginian pomaga wiązać okruchy gleby i zawiera wszystkie składniki odżywcze (0,3% N, 0,1% P, 1,0% K i pełną gamę pierwiastków śladowych) oraz aminokwasy [Khan i in. 2009, Craigie 2011].

Dokładna analiza składu chemicznego *Fucus vesiculosus* wykazała, że może być on potencjalnym źródłem otrzymywania nawozów zawierających azot i związków biologicznie czynnych. Badana biomasa nie jest fitotoksyczna, sprzyja wzrostowi roślin rolniczych i ma duży potencjał w zrównoważonym rolnictwie. Dodatek biomasy glonów do gleby sprzyjał wzrostowi i rozwojowi systemu korzeniowego u nasion *Avena sativa* [Bikovens i in. 2017].

Pozytywny wpływ na wzrost roślin mogą mieć nie tylko ekstrakty z glonów, ale także biomasa i pozostałości poekstrakcyjne w formie dodatków do gleby. Właściwości biostymulujące ekstraktów z *Fucus vesiculosus* można przypisać zawartości mikro- i makroelementów niezbędnych do rozwoju roślin. Sama zaś biomasa tego glonu może pełnić podwójną rolę – jako dodatek do gleby oraz jako środek bioremediacyjny metali ciężkich w glebie. Takie podejście jest zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju i pomaga chronić środowisko [Krautforst i in. 2023].

Jedną z metod wykorzystania biomasy jest jej kompostowanie. Kompost otrzymywany z makroglonów morskich może stanowić alternatywę dla konwencjonalnych nawozów. Badania dotyczące technologii kompostowania w celu wytworzenia kompostu i ekstraktu z alg, przeprowadzono z wykorzystaniem różnych gatunków *Fucus* sp. Wykazano, że uzyskany kompost i ekstrakt były dobrej jakości pod względem dużej zawartości składników odżywczych i niskiej zawartości metali toksycznych. Właściwości kompostu testowano podczas kiełkowania nasion *Lepidium sativum*. W doświadczeniu, w którym zastosowano kompost algowy, średnia długość roślin i biomasa były prawie dwukrotnie większe niż

w grupie kontrolnej. Ponadto biomasa nawożona kompostem z *Fucus* sp. była bogata w mikro- i makroelementy, w szczególności: B, Fe, Cu, Zn, Ca, K, S [Michalak i in. 2016].

Uważa się, że wzrost plonów roślin traktowanych makroglonami morskimi jest związany z fitohormonami obecnymi w ekstraktach, zwłaszcza cytokininami. U morszczynu stwierdzono występowanie auksyn, cytokinin i giberelin [Craigie 2011, Chatzissavvidis i Therios 2014].

Ekstrakty z glonów są stosowane w celu ograniczenia stresu abiotycznego i zwiększenia produktywności roślin. Makroglony są również skutecznymi biostymulatorami – stymulują procesy wzrostu roślin i poprawiają odporność na stres poprzez zwiększenie efektywności pobierania i wykorzystania składników odżywczych. Najczęściej wytwarzane są z brunatnic (Phaeophyta): *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* i *Macrocystis pyrifera*, które zawierają cenne pierwiastki śladowe (Fe, Cu, Zn, Mn) i hormony. *Fucus* sp., *Laminaria* spp., *Sargassum* spp., i inne brunatnice stosowane są jako bionawozy w rolnictwie. Ostatnio w rolnictwie i ogrodnictwie stosowane są także wodne ekstrakty z różnych gatunków glonów (zwłaszcza brunatnic) dostępnych na rynku do opryskiwania liści, doglebowo, lub często w obu kombinacjach [Blunden i in. 2013, Oluwadare i in. 2020, Mzibra i in. 2021, Kisvarga i in. 2022]. Mzibra i współautorzy [2021] wykazali w swoich badaniach, że różne gatunki morskich glonów (w tym m.in. *Fucus spiralis*) mogą być potencjalnymi kandydatami do produkcji skutecznych biostymulatorów. Ekstrakty takie wywołują wczesne kiełkowanie nasion pomidorów oraz stymulują rośliny do wzrostu, dlatego można je stosować zamiast związków syntetycznych. Należy podkreślić, że ekstrakty glonowe powinny być stosowane dopiero po rozcieńczeniu, gdyż mogą one uszkodzić rośliny. Niewielkie ilości ekstraktu mogą przynieść bardzo korzystne wyniki dla roślin, nie tylko w zakresie optymalnych warunków wzrostu, ale także w różnych warunkach stresu biotycznego i abiotycznego [Górka i in. 2018, Krautforst i in. 2023 i literatura tam zamieszczona]. Ekstrakt z *F. spiralis* (1%) wpłynął na maksymalną długość części nadziemnej i korzeniowej oraz suchą masę roślin papryki. Wodne ekstrakty natomiast pozwoliły na uzyskanie maksymalnych wartości zawartości materii organicznej i azotu w liściach papryki [Baroud i in. 2024].

Innym produktem z makroglonów jest mączka. Wytwarzana jest zazwyczaj z suszonych i mielonych plech brunatnic, które są najłatwiej dostępne w dużych ilościach (głównie gatunki z rodzajów *Ascophyllum, Ecklonia* i *Fucus*). Tego typu glony sprzedawane są jako dodatki do gleby. Działają jako nawóz i środek poprawiający właściwości gleby. Mają odpowiednią zawartość N i K, ale znacznie niższą zawartość P w porównaniu do tradycyjnych nawozów zwierzęcych i chemicznych [Chatzissavvidis i Therios 2014 i literatura tam zamieszczona].

V. MAKROGLONY I ICH EKSTRAKTY W DIECIE ZWIERZĄT

Makroglony morskie wykorzystywane były już od czasów starożytnych jako pasza dla zwierząt, zwłaszcza na obszarach przybrzeżnych. Zazwyczaj stanowią dodatki do pasz, ponieważ spożywane samodzielnie mogą negatywnie wpływać na zwierzęta. Metabolity i minerały zawarte w glonach są naturalnym źródłem dodatków, które mogą zastąpić stosowanie antybiotyków u różnych zwierząt [Morais i in. 2020]. Przeżuwacze preferują glony należące do brunatnic, zwłaszcza: *Palmaria palmata, Alaria esculenta, Laminaria digitalata, Saccharina latissimi, Ascophyllum nodosum* i *Fucus* spp. [Hansen i in. 2003, Campbell 2020]. Wiele morskich glonów (w tym także brunatnice) działają jako prebiotyki dla zwierząt, kiedy podawane są w małych dawkach (do 5% w diecie). Generalnie makroglony powinny być włączane do diety drobiu i świń jedynie w niewielkich ilościach, zwykle do 5–6% u zwierząt rosnących i maksymalnie do 10% [Makkar i in. 2016]. Inni badacze uważają, że w przypadku drobiu makroglony można włączać do diety w wysokim stopniu do >50%. Poziom włączenia do diety makroglonów w diecie koni jest silnie ograniczony zawartością jodu (maksymalnie do 50 mg I dziennie w diecie).

W przypadku przeżuwaczy (bydła i owiec) włączenie makroglonów do diety jest ograniczone głównie zawartością jodu, następnie bromu i magnezu. Zastosowanie makroglonów w regularnym żywieniu zwierząt wymaga dokładnego rozważenia poziomu minerałów, takich jak: Mg, Br, Fe, I, Ar i Al. Poziom włączenia do diety różnych gatunków makroglonów jest silnie zależny od poziomu pierwiastków potencjalnie toksycznych, a także od poziomów pierwiastków niezbędnych, które spożyte w dużych ilościach mogą prowadzić do toksyczności [Cabrita i in. 2016]. Pandey i współautorzy [2023] blanszowali świeżą biomasę brunatnic (m.in. *Fucus vesiculosus*) w średnio-wysokiej temperaturze (40–80ºC) wody i stwierdzili, że zabieg ten skutecznie minimalizuje poziom popiołu, nadmiaru minerałów (Na, K, P, Br, I) i metali ciężkich (np. As). Z drugiej strony blanszowanie zmienia skład cukrów i węglowodanów złożonych, a przez to pogarsza strawność biomasy u przeżuwaczy i zwierząt jednożołądkowych.

W Szwecji w XIX i na początku XX wieku karmiono świnie mieszanką mąki zbożowej i gotowanych plech *Fucus vesiculosus*. Okazało się jednak, że stosowanie większych ilości brunatnic w diecie może być szkodliwe dla świń. Obecnie makroglony stosuje się w niewielkich ilościach (1–2%) jako dodatki do karmy, ze względu na jakość mięsa i potencjalne korzyści dla zdrowia świń [Sauvageau 1920, Makkar i in. 2016].

Owce zamieszkujące Orkady przez większą część roku żywią się prawie wyłącznie morskimi glonami. Preferują glony należące do Phaeophyta, głównie z rodzaju *Laminaria*, ale zjadają także inne brunatnice, w tym różne gatunki *Fucus*. Pokarm taki może stanowić nawet do 90% diety latem, w zależności od dostępności. Dieta tego typu zaspokaja w znacznym stopniu zapotrzebowanie na składniki odżywcze, jednak zwierzęta cierpią z powodu przeciążenia minerałami [Hansen i in. 2003, Makkar i in. 2016].

W Rosji prowadzono badania z wykorzystaniem plech *Fucus vesiculosus*, które dodawano do paszy krowom mlecznym w postaci suchego grysu wraz z mineralnym adsorbentem (szungit). Doświadczenie wykazało, że poprawiały się skład mleka, strawność składników odżywczych oraz wykorzystanie azotu, jednocześnie nie powodując szkodliwego wpływu na wskaźniki biochemiczne krwi [Buryakov i in. 2023].

Glony należące do Fucales (*Ascophyllum nodosum* i *Fucus vesiculosus*) charakteryzują się silnymi właściwościami antymetanogennymi. Prowadzone badania wykazują, że mogą stanowić opłacalny składnik pasz w poszukiwaniu naturalnych strategii żywienia, łagodzących powstawanie metanu podczas hodowli przeżuwaczy [Campbell 2020].

Rozwój akwakultury przyczynia się także do wykorzystywania funkcjonalnych składników immunostymulujących, którymi są pozyskiwane z makroglonów mączki, ekstrakty i izolowane związki. W Portugali prowadzono badania nad wpływem suplementacji diety makroglonami na wydajność wzrostu, zdolność trawienia oraz reakcję immunologiczną i reakcję na stres u ryb *Dicentrarchus labrax*. Potwierdzono hipotezę, że glony można wykorzystać do wzmocnienia odporności i obrony antyoksydacyjnej u ryb, bez zaburzeń wzrostu [Peixoto i in. 2016].

Informacje o ilości makroglonów lub produktów z nich stosowanych w Europie do produkcji pasz i żywności są w dalszym ciągu skąpe. Obecnie w większości krajów nadal nie ma przepisów dotyczących maksymalnych poziomów metali ciężkich w makroglonach, dlatego potrzebna jest kontrola produktów paszowych w celu zabezpieczenia przed nadmiernym spożyciem soli, jodu i metali ciężkich, takich jak: As, Al, Cd, Pb, Rb, Si, Sr oraz Sn [Chen i in. 2018, Morais i in. 2020 i literatura tam zamieszczona]. Nieliczne dane dotyczące zawartości metali w makroglonach wskazują, że np. glony norweskie mogą zawierać podwyższony poziom arsenu i kadmu, szczególnie u Phaeophyta. Poziomy arsenu i kadmu mogą ograniczać zastosowanie niektórych makroglonów jako składników pasz i żywności. Makroglony zawierają polisacharydy jednak wiedza na temat dostępnej zawartości energii w nich jest niska. Często zawierają więcej błonnika niż związków dających energię. Większe spożycie składników niestrawnych oraz zmniejszenie

spożycia składników wysokoenergetycznych jest korzystne z punktu widzenia zdrowia człowieka, jednak z punktu widzenia paszy może to stanowić problem [Duinker i in. 2016].

UE ustanowiła przepisy mające na celu kontrolę składu i bezpieczeństwa pasz dla zwierząt oraz dodatków paszowych. Ograniczenia i wymagania dotyczące materiałów paszowych na bazie makroglonów są ustanowione w przepisach paszowych UE, gdzie, w zależności od przepisów, materiały paszowe z glonów są albo uważane za osobną kategorię paszową podlegającą szczegółowym przepisom bezpieczeństwa, albo objęte wspólnymi zasadami mającymi zastosowanie do wszystkich materiałów paszowych [Rahikainen i Yang 2020 i rozporządzenia tam zamieszczone].

VI. PODSUMOWANIE

Ekstrakty i zawiesiny pochodzące z morskich makroglonów, zwłaszcza brunatnic (Phaeophyta), stosowane są w rolnictwie i ogrodnictwie od wielu lat. Obecnie, w krajach na terenie Europy i Ameryki Północnej, wykorzystywane są najczęściej *Ascophyllum nodosum* i inne gatunki z gromady brunatnic, m.in.: *Laminaria digitata*, *L. hyperborea* i *Fucus serratus*. Nawet niskie stężenia ekstraktów z makroglonów pobudzają wzrost roślin, wpływają pozytywnie na kwitnienie i plony, a także wydłużają okres przydatności do spożycia. Stosowanie różnych rodzajów ekstraktów zwiększa tolerancję roślin na zasolenie, suszę i ekstremalne temperatury. Makroelementy (N, P, K, Ca, Na) i mikroelementy (Fe, Zn, Mn, Cu) zawarte w glonach, sprzyjają wzrostowi i plonowaniu owoców. Na terenie Azji Wschodniej, ale także w niektórych krajach Europy Zachodniej i na Alasce od dawna zbierane są i wykorzystywane jako źródło pożywienia plechy kilku gatunków z rodzaju morszczyn (*Fucus*). Karmione są nimi m.in. owce, bydło, świnie oraz żywią się nimi renifery w regionach Arktyki. Wysoka zawartość makro- i mikroelementów u *Fucus vesiculosus* (głównie N, P, K, J, Mo i Br) sprawia, że glon ten stosowany jest jako nawóz naturalny. Ekstrakty z plech morszczynu działają przeciwutleniająco i przeciwgrzybiczo oraz stymulują rośliny do wzrostu. Plechy morszczynu, ze względu na wysoką zawartość jodu i związków bioaktywnych (fukoidany, florotaniny, fukoksantyna), są powszechnie wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu, np. kosmetycznym, farmaceutycznym, spożywczym i nutraceutycznym. Stosowane są również w żywieniu zwierząt gospodarskich, drobiu oraz w akwakulturach, ponieważ zawierają szereg związków biologicznie czynnych i można je stosować jako prebiotyki. Wykazane korzyści sprzyjają retardacji niekorzystnych przemian spowodowanych antropopresją w agroekosystemach. Obecnie większość badań nad makroglonami morskimi koncentruje się przede wszystkim na ich zastosowaniach w przemysłach farmaceutycznym i spożywczym, natomiast zdecydowanie w mniejszym stopniu na wykorzystaniu w rolnictwie. W przyszłości powinno się zintensyfikować badania dotyczące kumulacji metali ciężkich w plechach *Fucus*, pochodzących zarówno z hodowli, jak i pozyskiwanych ze środowisk naturalnych, aby móc bezpiecznie stosować te glony jako biostymulatory wzrostu roślin, bez ryzyka skażenia gleb lub roślin toksycznymi metalami.

Autorki składają serdeczne podziękowania Pani Profesor dr hab. Joannie Kosteckiej, Redaktorowi Naczelnemu Polish Journal for Sustainable Development, za wnikliwą korektę manuskryptu i cenne uwagi dotyczące zagadnień związanych z retardacją.

BIBLIOGRAFIA

1. Asimakis E., Shehata A.A., Eisenreich W., Acheuk F., Lasram S., Basiouni S., Emekci M., Ntougias S., Taner G., May-Simera H., Yilmaz M., Tsiamis G. 2022. Algae and their metabolites as potential bio-pesticides. Microorganisms. 10. 307. *https://doi.org/10.3390/microorganisms10020307.*

2. Baroud S., Tahrouch S., Hatimi A. 2024. Effect of brown algae as biofertilizer materials on pepper (Capsicum annuum) growth, yield, and fruit quality. Asian Journal of Agriculture. 8 (1). 25-31.
3. Battacharyya D., Zamani Babgohari M.Z., Rathor P., Prithiviraj B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae. 196. 39-48.
4. Berthon J.-Y., Michel T., Wauquier A., Joly P., Gerbore J., Filaire E. 2021. Seaweed and microalgae as major actors of blue biotechnology to achieve plant stimulation and pest and pathogen biocontrol – a review of the latest advances and future prospects. The Journal of Agricultural Science. 159. 523-534.
5. Bikovens O., Ponomarenko J., Janceva S., Lauberts M., Vevere L., Tełyszewa G. 2017. Development of the approaches for complex utilization of brown algae (*Fucus vesiculosus*) biomass for the obtaining of value-added products. W: Raupelienė A. (ed.), Proceedings of the 8 th International Scientific Conference Rural Development 2017, Published by Aleksandras Stulginskis University, pp. 222-225.
6. Blunden G., El Barouni M.M., Gordon S.M., McLean W.F.H., Rogers D.J. 2013. Extraction, purification and characterisation of dragendorff-positive compounds from some British marine algae. Bot. Mar. 24. 451-456.
7. Blunden G., Morse P.F., Mathe I., Hohmann J., Critchleye A.T., Morrell S. 2010. Betaine yields from marine algal species utilized in the preparation of seaweed extracts used in agriculture. Nat. Prod. Commun. 5. 581-585.
8. Boutjagualt I., Hmimid F., Errami A., Bouharroud R., Qessaoui R., Etahiri S., Benba J. 2022. Chemical composition and insecticidal effects of brown algae (*Fucus spiralis*) essential oil against *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) pupae and adults. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 40. 102308. *https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102308*.
9. Buryakov N.P., Sycheva L.V., Trukhachev V.I., Zaikina A.S., Buryakova M.A., Nikonov I.N., Petrov A.S., Kravchenko A.V., Fathala M.M., Medvedev I.K., et al. 2023. Role of dietary inclusion of phytobiotics and mineral adsorbent combination on dairy cows' milk. Production, nutrient digestibility, nitrogen utilization, and biochemical parameters. Vet. Sci. 10. 238. https://doi.org/10.3390/vetsci10030238.
10. Cabrita A.R.J., Maia M.R.G., Oliveira H.M., Sousa-Pinto I., Almeida A.A., Pinto E., Fonsec A.JM. 2016. Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. J. Appl. Phycol. 28. 3135-3150.
11. Campbell M. 2020. The potential applications of brown seaweed as an alternative feed for ruminant livestock. Queen's University Belfast, PhD thesis.
12. Catarino M.D., Silva A.M.S., Cardoso S.M. 2017. Fucaceae: a source of bioactive phlorotannins. Int. J. Mol. Sci. 18. 1327. doi:10.3390/ijms18061327.
13. Catarino M.D., Silva A.M.S., Cardoso S.M. 2018. Phycochemical constituents and biological activities of *Fucus* spp. Marine Drugs. 16. 249. doi:10.3390/md16080249.
14. Chatzissavvidis Ch., Therios I. 2014. Role of algae in agriculture. Chapter 1. [In:] V.H. Pomin (ed.), Seaweeds: agricultural uses, biological and antioxidant agents. Wyd. Nova Science Publishers. 1-37.
15. Chen Q., Pan X.D., Huang B.F., Han J.L. 2018. Distribution of metals and metalloids in dried seaweeds and health risk to population in southeastern China. Sci. Rep. 8. doi: 10.1038/s41598-018-21732-z.
16. Circuncisão A.R., Ferreira S.S., Silva A.M.S., Coimbra M.A., Cardoso S.M. 2024. *Fucus vesiculosus*-rich extracts as potential functional food ingredients: a holistic extraction approach. Foods. 13. 540. *https://doi.org/10.3390/foods13040540*.
17. Craigie J.S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology. 23. 371-393.

18. Denis C., Morançais M., Li M., Deniaud E., Gaudin P., Wielgosz-Collin G., Barnathan G., Jaouen P., Fleurence J. 2010. Study of the chemical composition of edible red macroalgae *Grateloupia turuturu* from Brittany (France). Food Chem. 119. 913-917.
19. Dhargalkar V.K., Pereira N. 2005. Seaweed: promising plant of millennium. Science and Culture. 71 (3-4). 60-66.
20. Díaz-Rubio M.E., Pérez-Jiménez J., Saura-Calixto F., Diaz-Rubio M.E., Perez-Jimenez J., Saura-Calixto F. 2009. Dietary fiber and antioxidant capacity in *Fucus vesiculosus* products. Int. J. Food Sci. Nutr. 60. 23-34.
21. Duinker A., Roiha I.S., Amlund H., Dahl L., Lock E.-J., Kögel T., MågeA., Lunestad B.T. 2016. Potential risks posed by macroalgae for application as feed and food – a Norwegian perspective. National Institute of Nutrition and Seafood Research (NIFES), pp. 1-24. DOI:10.13140/RG.2.2.27781.55524.
22. Esserti S., Smaili A.,; Rifai L.A., Koussa T., Makroum K., Belfaiza M., Kabil E.M., Faize L., Burgos L., Alburquerque N., et al. 2017. Protective effect of three brown seaweed extracts against fungal and bacterial diseases of tomato. J. Appl. Phycol. 29. 1081-1093.
23. FAO 2019. Online query panels for aquaculture and capture production of seaweeds. *http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/en.*
24. Fleurence J. 1999. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends Food Sci. Technol. 10. 25-28.
25. FUKOSAN 2017–2020. Result report. Algae sources, cultivation and collection. pp. 1-9, [*file:///C:/Users/URz/Downloads/Fucosan_Result_Report_WP3_web.pdf*; 08.04.2024].
26. Garcia-Vaquero M. 2018. Seaweed proteins and applications in animal feed. [In:] M. Hayes (ed.), Novel proteins for food, pharmaceuticals, and agriculture: sources, applications, and advances. First Edition. John Wiley & Sons Ltd., 139-161.
27. Garcia-Vaquero M., Hayes M. 2016. Red and green macroalgae for fish and animal feed and human functional food development. Food Reviews International. 32 (1). 15-45.
28. Górka B., Korzeniowska K., Lipok J., Wieczorek P.P. 2018. The biomass of algae and algal extracts in agricultural production. In: Chojnacka K., Wieczorek P.P., Schroeder G., Michalak I. (eds), Algae biomass: characteristics and applications. Towards algae-based products. Developments in Applied Phycology 8. Springer International Publishing AG, pp. 103-114.
29. Hamed S.M., Abd El-Rhman A.A., Abdel-Raouf N., Ibraheem I.B.M. 2018. Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 7. 104-110.
30. Hamouda H.A., Khalifa R.K.M., El-Dahshouri M.F., Zahran N.G. 2016. Yield, fruit quality and nutrients content of pomegranate leaves and fruit as influenced by iron, manganese and zinc foliar spray. Intl. J. Pharmtech. Res. 9 (3). 46-57.
31. Hansen H.R., Hector B.L., Feldmann J. 2003. A qualitative and quantitative evaluation of the seaweed diet of North Ronaldsay sheep. Anim. Feed Sci.Technol. 105. 21-28.
32. Hatchett W.J., Coyer J.A., Sjøtun K., Jueterbock A., Hoarau G. 2022. A review of reproduction in the seaweed genus *Fucus* (Ochrophyta, Fucales): background for renewed consideration as a model organism. Front. Mar. Sci. 9. 1051838. doi: 10.3389/fmars.2022.1051838.
33. Henchion M., Hayes M., Mullen A.M., Fenelon M., Tiwari B. 2017. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. Foods. 6 (7). 53. doi:10.3390/foods6070053.
34. Herbreteau F., Coiffard L.J.M., Derrien A., De Roeck-Holtzhauer Y. 1997. The fatty acid composition of five species of macroalgae. Bot. Mar. 40. 25-27.

35. Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M.N., Rayorath P., Hodges D.M., Critchley A.T., Craigie J.S., Norrie J., Prithiviraj B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Regul. 28. 386-399.
36. Kisvarga S., Farkas D., Boronkay G., Neményi A., Orlóci L. 2022. Effects of biostimulants in horticulture, with emphasis on ornamental plant production. Agronomy. 12. 1043. *https://doi.org/10.3390/agronomy12051043*.
37. Kostecka J. 2010. Retardacja przekształcania zasobów przyrodniczych jako element zrównoważonego rozwoju. Biuletyn KPZK PAN. 242. 27-49.
38. Kraan S. 2013. Pigments and minor compounds in algae. [In:] Dominguez H. (ed.), Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, pp. 205-251.
39. Krautforst K., Szymczycha-Madeja A., Wełna M., Michalak I. 2023. Brown seaweed: *Fucus vesiculosus* as a feedstock for agriculture and environment protection. Scientific Reports. 13. 10065. *https://doi.org/10.1038/s41598-023-36881-z.*
40. Laekeman G. 2015. Assessment report on *Fucus vesiculosus* L., thallus. European Medicines Agency, London, pp. 55. EMA/HMPC/313675/2012.
41. Lorenzo J.M., Agregán R., Munekata P.E.S., Franco D., Carballo J., Sahin S., Lacomba R., Barba F.J. 2017. Proximate composition and nutritional value of three macroalgae: *Ascophyllum nodosum, Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. Marine Drugs. 15. 360. doi:10.3390/md15110360.
42. Makkar H.P.S., Tranb G., Heuzé V., Giger-Reverdin S., Lessire M., Lebas F., Ankers P. 2016. Seaweeds for livestock diets: a review. Animal Feed Science and Technology. 212. 1-17.
43. Michalak I., Baśladyńska S. 2021. Effect of *Fucus* extract and biomass enriched with Cu(II) and Zn(II) ions on the growth of garden cress (*Lepidium sativum*) under laboratory conditions. Italian Journal of Agronomy. 16. 1799. doi:10.4081/ija.2021.1799.
44. Michalak I., Tuhy Ł., Chojnacka K. 2016. Co-composting of algae and effect of the compost on germination and growth of *Lepidium sativum*. Pol. J. Environ. Stud, 25 (3). 1107-1115.
45. Morais T., Inácio A., Coutinho T., Ministro M., Cotas J., Pereira L., Bahcevandziev K. 2020. Seaweed potential in the animal feed: a review. Journal of Marine Science and Engineering. 8. 559. doi:10.3390/jmse8080559.
46. Mzibra A., Aasfar A., BenhimaR., Khouloud M., Boulif R., Douira A., Bamouh A., Kadmiri I.M. 2021. Biostimulants derived from Moroccan seaweeds: seed germination metabolomics and growth promotion of tomato plant. J. Plant Growth Regul. 40. 353-370.
47. Obluchinskaya E.D., Pozharitskaya O.N., Zakharov D.V., Flisyuk E.V., Terninko I.I., Generalova Y.E., Smekhova I.E., Shikov A.N. 2022. The biochemical composition and antioxidant properties of *Fucus vesiculosus* from the Arctic Region. Mar. Drugs. 20. 193. https://doi.org/10.3390/md20030193.
48. Oluwadare D.A., Carney H.E., Sarker M.H., Ennis Ch. J. 2020. Kinetics of water-extractable zinc release from seaweed (Fucus serratus) as soil amendment. J. Plant Nutr. Soil Sci. 183. 136-143.
49. Pandey D., Næss G., Fonseca A.J.M., Maia M.R.G., Cabrita A.R.J., Khanal P. 2023. Diferential impacts of post-harvest hydrothermal treatments on chemical composition and in vitro digestibility of two brown macroalgae (Fucales, Phaeophyceae), *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus*, for animal feed applications. Journal of Applied Phycology. 35. 2511-2529.
50. Peinado I., Girón J., Koutsidis G., Ames J.M. 2014. Chemical composition, antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of brown edible seaweeds. Food Res. Int. 66. 36-44.
51. Pereira L. 2016. Edible seaweeds of the world. 1st ed. CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
52. Peixoto M.J., Salas-Leitóna M., Pereiraa L.F., Queiroza A., Magalhãesa F., Pereirad R., Abreud H., Reisa P.A., Magalhães Gonçalvesa J.F., de Almeida Ozório R.O. 2016. Role of dietary

seaweed supplementation on growth performance, digestive capacity and immune and stress responsiveness in Europeanseabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture Reports. 3. 189-197.
53. Pliński M., Surosz W. 2013. Red Algae – Rhodophyta, Brown Algae – Phaeophyta. [In:] M. Pliński (ed.), Flora Zatoki Gdańskiej i Wód Przyległych (Bałtyk Południowy). 6. Wyd. UG. 1-148.
54. Rahikainen M., Yang B. 2020. Macroalgae as food and feed ingredients in the Baltic Sea region – Regulation by the European Union., pp. 1-20. [Available online: *https://www.submarinernetwork.eu/images/grass/GRASS_O3.4a_EU_regulation_of_seaweed_food_and_feed.pdf*.].
55. Sauvageau C. 1920. Utilisation des algues marines. Librairie Octave Doin, pp. 1-412.
56. Sharma S.H.S., Lyons G., McRoberts C., McCall D., Carmichael E., Andrews F., Swan R, McCormack R., Mellon R. 2012. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigno mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.). J. Appl. Phycol. 24. 1081-1091.
57. Strand A., Herstad O., Liaaen-Jensen S. 1998. Fucoxanthin metabolites in egg yolks of laying hens. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A. 119. 963-974.
58. Van Patten M.S., Yarish Ch. 2009. Bulletin No. 39: Seaweeds of Long Island Sound (Second edition). Bulletins. 40. *https://digitalcommons.conncoll.edu/arbbulletins/40*.
59. WSH – Wild Seaweed Harvesting 2016. Strategic Environmental Assessment Environmental Report. Scottish Government. Glasgow. UK.
60. Wells M.L., Potin P., Craigie J.S., Raven J.A., Merchant S.S., Helliwell K.E., Smith A.G., Camire M.E., Brawley S.H. 2017. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. J. Appl. Phycol. 29. 949-982.
61. Yurkevich M., Suleymanov R., Ikkonen E., Dorogaya E., Bakhmet O. 2022. Effect of brown algae (*Fucus vesiculosus* L.) on humus and chemical properties of soils of different type and postgermination growth of cucumber seedlings. Agronomy. 12. 1991. *https://doi.org/10.3390/agronomy12091991*.

POTENTIAL USES AND APPLICATIONS OF *FUCUS* IN AGRICULTURE

Summary

Representatives of the Fucus genus have been used for centuries as a source of food for humans and animals, in agriculture, and as a medicinal agent in traditional medicine. They are characterized by high nutritional values, being a good source of dietary fibre and minerals, especially iodine. Fucus vesiculosus, the most extensively studied species of Fucus, contains significant amounts of specific phenolic compounds (phlorotannins PT), the pigment fucoxanthin, minerals (mainly I and Ca), and bioactive polysaccharides (fucoidans, laminarins, and alginates). It is believed that macroalgae, which form a staple food in many Asian countries, could also become a food or feed ingredient in European markets. The Western world is showing interest in macroalgae and views them as "superfoods", primarily due to the growing interest in a healthy lifestyle and diet, as well as more sustainable food production. This paper presents an overview of the latest literature on the possibilities of using and applying algae from the Fucus genus in agriculture also in the context of retarding unfavourable changes in ecosystems.

Keywords: *seaweadextracts, biostimulant, feed additive, Fucus vesiculosus, F. serratus, F. spiralis, retardation*

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 157-166. rok 2024

JAKUB OCHMERAK, LESZEK POTOCKI, MAŁGORZATA KUS-LIŚKIEWICZ

Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Biotechnologii, e-mail: *mkus@ur.edu.pl*

ANTIDOTUM NA BAKTERIE CHOROBOTWÓRCZE - NOWE SPOJRZENIE NA BAKTERIOFAGI

Rosnąca oporność bakterii na antybiotyki stanowi coraz większe wyzwanie dla systemu opieki zdrowotnej, szczególnie w kontekście zwiększającej się liczby pacjentów z osłabioną odpornością Z tego powodu rozwój alternatywnych metod zapobiegania infekcjom stał się jednym z najwyższych priorytetów współczesnej medycyny i biotechnologii. Obecnie rozważa się terapie nieantybiotykowe w leczeniu infekcji bakteryjnych, a jedną z możliwych opcji jest terapeutyczne zastosowanie fagów, czyli wirusów atakujących bakterie. Terapia bakteriofagowa, odkryta w epoce przedantybiotykowej, zyskuje obecnie duże zainteresowanie ze względu na jej skuteczność i możliwość pozyskiwania fagów z wielu różnych środowisk, w których bytują. Ta specyfika sprawia, że terapia fagowa jest atrakcyjną alternatywą w leczeniu infekcji, szczególnie tych wywołanych przez bakterie wielolekooporne. W publikacji omówiono problem narastającej oporności bakterii na antybiotyki i potrzebę nowych metod ich zwalczania. Przedstawiono terapię fagową, w tym jej zalety jako obiecującą alternatywę dla antybiotyków. Omówiono również wyzwania związane z terapią fagową, m.in. dostępność, standaryzację, regulację i potrzebę dalszych badań klinicznych. W artykule podkreślono potencjał terapii fagowej w leczeniu zakażeń bakteryjnych i jej znaczenie dla przyszłości medycyny.

Słowa kluczowe: antybiotykooporność, bakteriofagi, bakterie chorobotwórcze

I. WSTĘP

Bakterie chorobotwórcze odgrywają istotną rolę w rozprzestrzenianiu się chorób zakaźnych. W walce z nimi przełomem stało się odkrycie penicyliny w 1929 roku przez Aleksandra Fleminga, angielskiego lekarza i bakteriologa. Odkrycie to zapoczątkowało erę antybiotyków, które uratowały miliony istnień ludzkich [Gaynes 2017]. Po odkryciu penicyliny nastąpił wzrost badań mających na celu poszukiwanie i identyfikację nowych antybiotyków. Ten przełom w medycynie znacząco poprawił jakość zdrowia i życia ludzi. Niestety, stosowanie antybiotyków w leczeniu różnych schorzeń doprowadziło do powstania szczepów opornych na najczęściej stosowane środki przeciwdrobnoustrojowe (ang. *antimicrobial resistance*, AMR). Szczególnie niebezpieczne są bakterie wykazujące oporność na więcej niż jedną klasę antybiotyków tzw. *Multi Drug Resistance Bacteria* (MDR). W odpowiedzi na to wyzwanie od wielu lat prowadzone są badania mające na celu modyfikację obecnych antybiotyków, wynalezienie nowych lub

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.16

znalezienie alternatywnych środków bakteriobójczych, które można by stosować zamiast lub w połączeniu z antybiotykami.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie fagoterapii jako obiecującej alternatywy dla antybiotyków w leczeniu zakażeń bakteryjnych, ze szczególnym uwzględnieniem jej zalet w kontekście narastającej oporności na leki.

II. METODA PRACY

Dokonano tematycznego przeglądu literatury wykorzystując następujące bazy danych: PubMed, Scopus i Web of Science. Słowa kluczowe i frazy wyszukiwania obejmowały "antybiotykooporność" (antimicrobial resistance (AMR), "Pseudomonas aeruginosa", "alternatywne środki przeciwbakteryjne" (alternative antimicrobial agents), "peptydy przeciwdrobnoustrojowe" (antimicrobial peptides (AMPs)), "bakteriocyny" (bacteriocins), "fagi bakteryjne" (bacteriophages), "nanocząstki metali" (metal nanoparticles) i "rośliny lecznicze" (medicinal plants). Do przeglądu włączono jedynie publikacje naukowe w języku angielskim, opublikowane w latach 2010-2023. Wykluczono publikacje o charakterze poglądowym, doniesienia z konferencji czy też same abstrakty artykułów.

Wybór źródeł bibliograficznych oparto na następujących kryteriach: autorytet autorów tj. doświadczenie i reputacja autorów w dziedzinie mikrobiologii; metodologia badań, jakość uzyskanych danych, spójność z istniejącą wiedzą naukową. W dalszej analizie wybrano jedynie te publikacje, które spełniały wszystkie wyżej wymienione kryteria.

Przegląd literatury opiera się na źródłach dostępnych w momencie jego ukończenia.

III. WYNIKI

Problem antybiotykooporności

Narastająca oporność na antybiotyki wśród mikroorganizmów stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia publicznego. Szacuje się, że w 2050 roku zakażenia oporne na antybiotyki będą przyczyną śmierci 10 milionów ludzi rocznie, Problem ten jest szczególnie dotkliwy w krajach rozwijających się, gdzie dostęp do antybiotyków i opieki medycznej jest ograniczony, co dodatkowo zwiększa ryzyko powstawania i rozprzestrzeniania się opornych szczepów bakterii [Tang i in. 2023].

Jednymi z najbardziej problematycznych patogenów wśród bakterii Gram-dodatnich są *Staphylococcus aureus, Streptococcus pneumoniae,* czy *rodzaj Enterococcus* [Lister i in. 2009]. Z kolei, gatunki bakterii z grupy Gram-ujemnych wykazują większą oporność na obecnie stosowane antybiotyki i są trudniejsze w zwalczaniu, głównie ze względu na ich złożoną strukturę ściany komórkowej, w której składzie występuje błona zewnętrzna bogata w lipopolisacharyd (LPS). Ta dodatkowa bariera utrudnia przenikanie antybiotyków do wnętrza komórki bakteryjnej. Do tej grupy bakterii zaliczamy *Acinetobacter baumannii, Klebsiella pnenumoniae, Escherichia coli* oraz *Pseudomonas aeruginosa* [Lister i in. 2009]. *P. aeruginosa* jest jedną z najczęściej występujących bakterii Gram-ujemnych wykazujących oporność wielolekową, MDR, co w połączeniu ze zdolnością do tworzenia biofilmów i licznymi czynnikami zjadliwości, czyni zakażenia tym gatunkiem poważnym problemem terapeutycznym [Mielko i in. 2019]. Jest ona czwartym najczęściej izolowanym drobnoustrojem szpitalnym wśród bakterii Gram-ujemnych, drugą najczęstszą przyczyną zapalenia płuc, a także trzecią najczęstszą przyczyną bakteryjnych zakażeń krwi u osób osłabionych lub w stanie krytycznym. U chorych na mukowiscydozę jest dominującym patogenem, powodującym m.in. zakażenia układu oddechowego. Zakażenia tą bakterią wiążą się z wysoką zachorowalnością i śmiertelnością wśród pacjentów [Breijyeh i in. 2020].

Ze względu na swój oportunistyczny charakter, *P. aeruginosa* stwarza zagrożenie dla pacjentów z obniżoną odpornością oraz ciężko chorych pacjentów oddziału intensywnej terapii. Dane z Systemu Nadzoru nad Zakażeniami Szpitalnymi (*National Nosocomial Infections Surveillance System*, NNIS, USA) wykazały, że w latach 1992–1997 *P. aeruginosa* była odpowiedzialna za 21% zapaleń płuc, 10% zakażeń dróg moczowych, 3% zakażeń krwi i 13% chorób oczu, uszu, nosa, zakażenia gardła na oddziałach intensywnej terapii w Stanach Zjednoczonych. Gatunek ten wykazuje również wysoką zdolność do rozwijania oporności na wiele klas antybiotyków, co utrudnia, a nawet uniemożliwia leczenie zakażeń. Dzieje się tak, ponieważ bakterie te mogą przejmować geny oporności znajdujące się na ruchomych elementach genetycznych lub w wyniku mutacji w obrębie własnego DNA, zmieniając ekspresję i/lub funkcję enzymów, białek lub całych szlaków [Lister i in. 2009].
Patogen ten jest kosmopolityczny i występuje w różnych środowiskach, w tym w wodach (rzeki, jeziora, baseny), glebie; na powierzchniach roślin (w tym owoców) i zwierząt, a także w ludzkim organizmie (w układzie pokarmowym, na skórze, w drogach oddechowych). Wykazuje zdolność do przeżywania w niekorzystnych warunkach, takich wysokie i niskie temperatury, susza, promieniowanie UV, działanie środków dezynfekujących [Lister i in. 2009, Mielko i in. 2019]. Te właściwości w połączeniu z licznymi czynnikami zjadliwości [Jurado-Martín i in. 2021] oraz dużą zdolnością do adaptacji i nabywania mechanizmów oporności na antybiotyki, czynią *P. aeruginosa* poważnym wyzwaniem terapeutycznym w zakażeniach szpitalnych i poza nim [Lister i in. 2009]. W związku z powyższym gatunek ten jest jednym z ważniejszych kandydatów do poszukiwania nowych, innych niż antybiotyki, środków terapeutycznych do jego zwalczania.

Patogeny alarmowe to szczepy bakteryjne o szczególnej wadze dla zdrowia publicznego, ze względu na ich wysoką odporność na powszechnie stosowane antybiotyki i chemioterapeutyki, zdolność do wywoływania poważnych zakażeń, w tym zakażeń inwazyjnych oraz potencjalne szerzenie się w środowisku szpitalnym i pozaszpitalnym. Wśród patogenów alarmowych wymienia się m.in.: gronkowce oporne na metycylinę (MRSA), gronkowce oporne na wankomycynę (VRSA), wankomycyno-oporne enterokoki (VRE), bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* produkujące β-laktamazy o roszerzonym spektrum działania (ESBL), bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*, a także *Pseudomonas aeruginosa* oporne na karbapenemy (KPC), czy też gatunki oporne na wiele antybiotyków, w tym karbapenemy i meropenem, z powodu obecności enzymów metalobetalaktamaz (MBL) tj. MBL-dodatnie pałeczki Gram-ujemne, *Clostridioides difficlle*, a także patogeny izolowane z krwi lub płynu mózgowo-rdzeniowego [Tenderenda i in. 2023]. W obliczu narastającego globalnego zagrożenia ze strony oporności na antybiotyki, która stanowi poważne wyzwanie dla zdrowia publicznego, Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) w 2024 roku opublikowała listę priorytetowych bakterii opornych na antybiotyki (tabela 1). Celem tej listy jest ukierunkowanie badań i rozwoju nowych aktywnych leków na patogeny, które stanowią największe zagrożenie dla zdrowia ludzkiego. Lista została opracowana na podstawie kryteriów, takich jak śmiertelność pacjentów, obciążenia opieką zdrowotną i tendencja do wykazywania oporności [Reig i in. 2022].

Istnieje wiele czynników decydujących o zjadliwości szczepów bakteryjnych. Są to między innymi zdolność do tworzenia biofilmu o wysokiej odporności na leki i mechanizmy obronne gospodarza. Wykazano, że oporność komórek w biofilmie na antybiotyki jest nawet do 1000 razy większa, w porównaniu do pojedynczych komórek bakteryjnych. Obecność lipopolisacharydu (LPS) w bakteriach, białek błony zewnętrznej oraz zdolność do poruszania się, również stanowią czynniki wirulencji. Ponadto, liczne enzymy proteolityczne czy metabolity wtórne prowadzą do powstawania reaktywnych form tlenu, co działa niszcząco na organizm człowieka. Istotnym czynnikiem zjadliwości jest również komunikacja komórka-komórka (ang. *Quorum sensing* (QS),

która umożliwia im adaptację do zmieniających się warunków środowiska [Baj i in. 2015, Chegini i in. 2020, Hall i in. 2016, Jurado-Martín i in. 2021].

Tabela 1 - *Table 1*

Lista WHO patogenów lekoopornych będących głównym obiektem badań na świecie / *WHO priority list of drug-resistant pathogens*

BAKTERIA *BACTERIA*	**ZAGROŻENIE** *THREATS*	**ODPORNOŚĆ NA ANTYBIOTYKI** *ANTIBIOTIC RESISTANCE*
Acinetobacter baumannii	Krytyczne/ *Critical*	Karbapenemo-oporne/ *Carbapenem-resistant*
Enterobacterales	Krytyczne/ *Critical*	oporne na cefalosporyny trzeciej generacji/ *third-generation cephalosporin-resistant*
Enterobacterales	Krytyczne/ *Critical*	Karbapenemo-oporne/ *Carbapenem-resistant*
Salmonella typhi.	Wysokie/ *High*	Fluorochinolono-oporne/ *Fluoroquinolone-resistant*
Shigella spp.	Wysokie/ *High*	Fluorochinolono-oporne/ *Fluoroquinolone-resistant*
Enterococcus faecium	Wysokie/ *High*	Wankomycyno-oporne/ *Vancomycin-resistant*
Pseudomonas aeruginosa	Wysokie/ High	Karbapenemo-oporne / *Carbapenem-resistant*
Non-typhoidal Salmonella	Wysokie/ High	Fluorochinolono-oporne/ *Fluoroquinolone-resistant*
Neisseria gonorrhoeae	Wysokie/ High	oporne na cefalosporyny trzeciej generacji i/lub na fluorochinolony/ third-generation cephalosporin, and/or fluoroquinolone-resistant
Staphylococcus aureus	Wysokie/ High	Metycylino-oporne/ *Methicillin- and vancomycin-resistant*
Group A Streptococci	Średnie/ Medium	Makrolido- oporne/ Macrolide-resistant
Streptococcus pneumoniae	Średnie/ Medium	Makrolido-oporne/ Macrolide-resistant
Haemophilus influenzae	Średnie/ Medium	Ampicylino-oporne/ *Ampicillin-resistant*
Group B Streptococci	Średnie/ Medium	Penicylino- oporne / Penicillin-resistant

Źródło / *Source* WHO Bacterial Priority Pathogens List, 2024.

Alternatywne środki przeciwbakteryjne

W 2022 roku przeprowadzono kompleksową ocenę globalnego wpływu oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe na zdrowie pacjentów. Oszacowano, że w 2019 r. 4,95 mln zgonów związanych było z AMR, z czego większość spowodowana była przez sześć gatunków bakterii, wcześniej zidentyfikowanych przez WHO jako stanowiących duże zagrożenie [Strathdee i in. 2023]. Pomimo, że w raporcie tym skalę tego problemu porównuje się do liczby przypadków śmiertelności i zachorowalności dla malarii czy wirusa HIV, częstość występowania AMR podczas pandemii COVID-19 znacząco wzrosła. Szacuje się, że do roku 2050 co najmniej 10 milionów ludzi umrze z powodu oporności bakterii na środki przeciwdrobnoustrojowe [O'Neill 2014]. Stąd, ze względu na stale rosnącą liczbę szczepów bakteryjnych opornych na antybiotyki, poszukuje się nowych i alternatywnych środków przeciwbakteryjnych. Oprócz opracowywania nowych antybiotyków, coraz więcej uwagi poświęca się badaniu związków, które można by zastosować w leczeniu w połączeniu z antybiotykami lub w ich zastępstwie.

Wśród środków obecnie badanych wymienia się przykładowo: adiuwanty antybiotykowe, bakteriofagi, DCAP, inhibitory systemów QS czy czynniki przeciwbakteryjne oparte na metalach

[Breijyeh i in. 2020]. Adiuwanty antybiotykowe to związki, które same w sobie nie wykazują aktywności antybiotykowej lub ta jest u nich słaba. Są one stosowane w terapiach skojarzonych z konwencjonalnymi antybiotykami w celu zwiększenia skuteczności lub zablokowania mechanizmów oporności antybiotykowej. Zastosowanie adiuwantów antybiotykowych pozwoliło na ponowne, skuteczne zastosowanie starych antybiotyków, co przyczynia się do oszczędności kosztów na poszukiwaniu nowych leków. Zaletą opracowywania adiuwantów jest fakt, że nie ma potrzeby znajdowania im istotnego celu, a znalezienie takiego, który po zahamowaniu, zwiększy aktywność stosowanego antybiotyku. Wyróżnia się trzy główne typy wspomagaczy antybiotykowych: inhibitory β-laktamaz, inhibitory pomp efluksowych oraz środki zwiększające przepuszczalność błony zewnętrznej bakterii [Breijyeh i in. 2020, Gill i in. 2015]. W odmienny sposób działa związek DCAP (2-((3-(3,6-dichloro-9H-karbazol-9-ilo)-2hydroksypropylo)amino)-2(hydroksymetylo)propan1,2-diol), który wykazuje szerokie spektrum wobec bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych. Jest to specyficzny związek, który zakłóca prawidłowe funkcjonowanie błony komórkowej bakterii, co prowadzi w konsekwencji do ich śmierci. Jego mechanizm działania polega na destabilizacji aktywności biologicznej błony komórkowej poprzez zmniejszenie potencjału transbłonowego i zwiększenie jej przepuszczalności, a także w zaburzeniu lokalizacji kluczowych dla podziału komórki bakteryjnej białek błonowych takich jak MinD i FtsA [Breijyeh i in. 2020, Eun i in. 2012]. Chociaż DCAP wykazuje obiecującą skuteczność przeciwdrobnoustrojową, jego ograniczenia, takie jak rozwój oporności wśród mikroorganizmów, toksyczność i wysokie koszty produkcji, ograniczają jego powszechne stosowanie. Z kolei modulacja i hamowanie QS poprzez odpowiednie inhibitory jest potencjalnym środkiem terapeutycznym, pozwalającym na kontrolowanie wielu czynników zjadliwości naraz, w tym tworzenie biofilmu [Qin i in. 2022]. W ostatnich latach sporym zainteresowaniem cieszą się badania nad środkami przeciwdrobnoustrojowymi na bazie metali. Związki metali wykazują unikatowe sposoby działania i dzięki swojej strukturze dają większą szansę powodzenia klinicznego w porównaniu do cząsteczek organicznych. Jednak należy mieć na uwadze, że istnieją doniesienia o nabieraniu oporności również na związki metali [Breijyeh i in. 2020].

Bakteriofagi jako środki przeciwbakteryjne

Bakteriofagi to wirusy atakujące wyłącznie komórki bakteryjne. Są one naturalnymi „drapieżnikami" bakterii, nie są zdolne do zakażenia komórek eukariotycznych. Fagi, podobnie jak i inne wirusy, są niezdolne do samodzielnej replikacji. Do namnażania wymagają gospodarza, czyli komórek bakterii, w których mogą „rozmnażać się" wykorzystując białka gospodarza. Bakteriofagi zostały odkryte w 1917 roku przez mikrobiologa Feliz'a d'Herelle. Już od początku ich odkrycia, naukowcy zainteresowali się fagami, a one same były uważane za potencjalnie skuteczny środek przeciwbakteryjny. Idea ich wykorzystania do leczenia zakażeń bakteryjnych została jednak porzucona podczas II Wojny Światowej, kiedy to wprowadzono antybiotyki [Breijyeh i in. 2020]. Dodatkowym problemem były ograniczenia ówczesnej technologii, które uniemożliwiły odpowiednie badania nad fagoterapią [Chegini i in. 2020, Strathdee i in. 2023].
Fagi zakłócają procesy życiowe w zakażonej komórce bakteryjnej. Charakteryzują się często także wysoką specyficznością wobec gospodarza – specyficzność gatunkowa, a niekiedy nawet szczepową. Cecha ta może być rozpatrywana zarówno jako zaleta, jak i wada. Z jednej strony pozwala ona uniknąć dysbakteriozy i infekcji wtórnych, z drugiej strony bakterie mogą na drodze ewolucji nabyć nowe systemy obrony lub zmienić strukturę receptorów rozpoznawanych przez fagi. Aby temu przeciwdziałać w fagoterapii raczej nie stosuje się pojedynczych fagów, a zamiast tego mieszaniny (koktajle) bakteriofagowe. Koktajle fagowe skuteczniej zwalczają bakterie, łatwiej też przenikają i niszczą strukturę biofilmu. Bakteriofagi ulegają także samoamplifikacji

w obecności bakterii, co wzmacnia ich działanie lokalne. Ponadto fagi pod koniec cyklu litycznego wytwarzają enzymy zwane endolizynami, które rozkładając peptydoglikan od wewnątrz pomagając w uwalnianiu nowych wirionów potomnych. Dodatkowo enzymy te działają niezależnie od oporności bakterii na antybiotyki. Zaletą fagoterapii jest dostępność bakteriofagów. Są one obecne w dużych ilościach wszędzie tam, gdzie występują ich gospodarze, co oznacza, że fagi można pozyskać bardzo łatwo ze środowiska naturalnego czy szpitalnego, w zależności od bakterii jaką chcemy zwalczyć. Redukuje to czas i koszty pozyskania środków przeciwbakteryjnych. Z próbek trzeba jedynie wyizolować czyste kultury bakteriofagów, np.: za pomocą odpowiednich filtrów, po czym takimi fagami zaraża się bakterie, w celu namnożenia wirusa [Breijyeh i in. 2020, Chegini i in. 2020].

Terapeutyczne wykorzystanie bakteriofagów

Po tym, jak w 1919 r. d'Herelle z powodzeniem zastosował preparaty fagowe w leczeniu dzieci cierpiących na czerwonkę bakteryjną, terapię fagową zaczęto szeroko stosować w leczeniu infekcji bakteryjnych u ludzi i zwierząt. W latach trzydziestych XX wieku metoda ta była szeroko stosowana w Europie i Azji w leczeniu różnych zakażeń bakteryjnych u ludzi i zwierząt, na długo przed wprowadzeniem na rynek penicyliny. Pierwszy program terapii fagowej został uruchomiony na terenie dzisiejszego Tbilisi w Gruzji, a kolejny we Wrocławiu w Polsce. Oba programy początkowo odnosiły duże sukcesy w leczeniu różnych zakażeń bakteryjnych, m.in. czerwonki, duru brzusznego i zapalenia płuc [Abedon i in. 2017, Lin i in. 2017, Summers 2012]. Jednak po tym, jak II wojna światowa wprowadziła na rynek penicylinę uznano, że szerokie spektrum działania antybiotyków przeciwko infekcjom bakteryjnym ma przewagę nad fagami. Co więcej, antagonizm między Stanami Zjednoczonymi a Związkiem Radzieckim w okresie powojennym podsycił zarówno nieufność do nauki pochodzącej z byłego bloku sowieckiego, jak i wszechobecne podejrzenia co do terapeutycznego zastosowania fagów w nadchodzących dziesięcioleciach [Strathdee i in. 2023].

Naturalnie występujące (lub tzw. „środowiskowe") fagi można znaleźć praktycznie w każdej niszy na planecie, w której występują bakterie, w tym w oceanach, jeziorach, glebie, roślinach i zwierzętach [Clokie i in. 2011]. Zatem izolację fagów środowiskowych można prowadzić w miejscach, w których występuje mnóstwo bakterii danego gatunku, np. w oczyszczalniach ścieków i odpadach komunalnych typu szpitalne. Aczkolwiek, istnieje wiele naturalnie występujących fagów, których nie udaje się wyizolować, ponieważ gospodarz jest niezidentyfikowany lub nie można go łatwo wyhodować w laboratorium. Fagi do zastosowań klinicznych wymagają obszernej charakterystyki, w tym sekwencjonowanie genomu pod kątem specjacji fagów oraz poszukiwanie elementów genetycznych kodujących oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe, genów kodujących toksyny lub elementów genetycznych sugerujących zdolność do lizogenezy [Philipson i in. 2018]. Przed zastosowaniem klinicznym fagi należy namnażać w odpowiednim, dobrze scharakteryzowanym gospodarzu i oczyścić w celu usunięcia/zmniejszenia poziomu endotoksyn lub innych potencjalnie szkodliwych materiałów. Fagi stosowane klinicznie, w okolicznościach innych niż awaryjne, należy przygotować zgodnie z warunkami dobrej praktyki klinicznej (ang. *good clinical practice*, GCP) lub warunkami zbliżonymi do tego poziomu rygorystyczności. Pomimo, że liczba stosowanych skutecznych terapii fagowych rośnie, proces identyfikacji fagów litycznych pozostaje ograniczony. A tylko dobrze scharakteryzowane banki fagów mogą służyć jako biblioteki, z których w konsekwencji można pozyskać fagi terapeutyczne do zastosowań klinicznych.

Fagoterapia wykorzystuje specyficzne cechy bakteriofagów, takie jak m.in.: ich specyficzność wobec selektywnego i bezpiecznego zwalczania bakterii charakteryzujących się niewrażliwością na obecnie dostępne antybiotyki. Bakteriofagi są również wykorzystywane w terapiach skojarzonych wraz z antybiotykami, co dodatkowo zwiększa skuteczność terapii [Breijyeh i in. 2020]. Istnieją pewne przeszkody w prowadzeniu fagoterapii z wykorzystaniem fagów naturalnych. Fagi infekujące bakterie nie zabijają ich wystarczająco skutecznie. Ponadto, fagi mogą kodować białka toksyczne dla człowieka. Z tego powodu w ostatnich czasach wzrasta zainteresowanie konstruowaniem nowych bakteriofagów bezpieczniejszych, o lepszych właściwościach terapeutycznych i większym zakresie gospodarzy [Strathdee i in. 2023].

Pomimo, że w ciągu ostatnich 10 lat zainteresowanie wykorzystaniem bakteriofagów do leczenia chorób bakteryjnych szczególnie wzrosło, ciągle niewiele jest doniesień dotyczących badań klinicznych. Internetowa baza danych PubMed, podaje, że w ciągu ostatnich 10 lat opublikowano 3 206 manuskrypty dotyczące bakteriofagów (słowo kluczowe „bakteriofagi" wskazane w tytule publikacji, dzień wyszukiwania 5 lipca 2024). Natomiast zarejestrowane próby kliniczne na stronie ClinicalTrials.gov dotyczą 55 przypadków (z ostatnich 10 lat). Większość z nich ma na celu wykorzystanie bakteriobójczego działania fagów litycznych, jednak część koncentruje się na zdolności fagów do niszczenia biofilmów, które utrudniają sterylizację zakażonych wszczepionych urządzeń biomedycznych. Pomimo faktu, że zakres wiedzy o optymalnym wykorzystaniu fagów jako środków terapeutycznych jest znaczny, wciąż należy być ostrożnym w dalszym rozwoju terapii fagowych. Ważnym aspektem jest zdefiniowanie farmakokinetyki i farmakodynamiki fagów, aby potwierdzić ich aktywność [Strathdee i in. 2023].

Aby przeciwdziałać globalnemu zagrożeniu jakim jest oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe, WHO i Grupa Robocza ONZ przygotowały raport, w którym proponuje się i podejmuje działania dotyczące koncepcji „Jednego zdrowia: interakcji między ludźmi, zwierzętami i środowiskiem" (*No time to Wait: Securing the future from drug-resistant infections,* 2019). Pomimo, że ustalenia dotyczą stosowania antybiotyków, zostały one rozszerzone w kontekście stosowania również terapii fagowej.

Badania *in vitro* wskazują, że bakteriofagi mogą się okazać jedną z najbardziej obiecujących broni przeciwko oportunistycznym szczepom *P. aeruginosa*, oraz tych tworzących biofilmy. Dla przykładu, fag M-1 izolowany ze ścieków zmniejszał tempo wzrostu bakterii i samego biofilmu *P. aeruginosa*, już po 6 godzinach leczenia. Fag ten rozkładał enzymatycznie polimery alginianowe, a także pośrednio niszczył biofilmy poprzez zabijanie wolnych bakterii [Adnan i in. 2020]. Również w terapiach *in vivo* wykazano skuteczność terapii fagowych. Wyizolowane bakteriofagi, BΦ-R656 i -R1836, eliminowały szczepy bakterii *P. aeruginosa* (wywołujące ostre zapalenie płuc) w modelach myszy, a także były w stanie usuwać biofilmy. Również terapie skojarzone, wykorzystujące antybiotyki wraz z fagami, są skuteczne przeciwko bakteriom MDR [Breijyeh i in. 2020, Chegini i in. 2020].

IV. PODSUMOWANIE

Terapia fagowa, choć odkryta na początku XX wieku, przez wiele lat była marginalizowana na rzecz rozwijającej się antybiotykoterapii, z powodu łatwiejszej dostępności antybiotyków, ich wysokiej skuteczności, czy też niskich kosztów produkcji. Jednakże, narastający problem oporności bakterii na powszechnie stosowane w lecznictwie antybiotyki skłania do ponownego rozważenia roli terapii fagowej w ich zwalczaniu. Okazuje się, że fagi mogą stanowić wartościową alternatywę lub uzupełnienie

konwencjonalnych metod leczenia w przypadku zakażeń wywołanych przez lekooporne szczepy bakterii. Ciekawe jest również to, że terapia fagowa nigdy nie została całkowicie porzucona w Gruzji, gdzie w Instytucie im. Georgiego Eliava od roku 1923 prowadzi się badania i terapie lecznicze z wykorzystaniem bakteriofagów. W Polsce, choć badania nad fagami były prowadzone od początku XX wieku, terapia fagowa nigdy nie została w pełni zinstytucjonalizowana. Z kolei w Rosji, po okresie intensywnych badań, zainteresowanie terapią fagową nieco osłabło, choć nadal istnieją ośrodki badawcze zajmujące się tą tematyką. W wymienionych powyżej krajach, terapia fagowa była i nadal jest integralną częścią systemu opieki zdrowotnej, jednak jej zastosowanie często zależy od indywidualnych decyzji lekarzy i dostępności odpowiednich preparatów fagowych.

Bakteriofagi, czyli wirusy atakujące bakterie, dzięki swojej specyficzności do określonych szczepów bakteryjnych i zdolności do samoreplikacji, są skutecznym narzędziem w walce z zakażeniami opornymi na antybiotyki... Dodatkowo, terapia fagowa oferuje kilka istotnych zalet: niskie ryzyko wystąpienia skutków ubocznych oraz minimalne ryzyko zaburzenia naturalnej flory bakteryjnej. To czyni ją atrakcyjną alternatywą lub uzupełnieniem konwencjonalnych metod leczenia zakażeń bakteryjnych.

Możliwości wykorzystania bakteriofagów w medycynie poszerzają się dzięki połączeniu tradycyjnych metod ich pozyskiwania z nowoczesnymi technikami inżynierii genetycznej, które umożliwiają tworzenie fagów o pożądanych biologicznych właściwościach. Nawet w przypadku braku danych dotyczących skuteczności w badaniach klinicznych, coraz większa liczba krajów (np. USA, Belgia, Francja, Szwecja, Australia, a ostatnio Wielka Brytania) wprowadziła specjalne procedury, które umożliwiają stosowanie terapii fagowej jako leczenia alternatywnego, gdyby zawiodła konwencjonalna antybiotykoterapia. Jedynymi przeszkodami na drodze zmierzającej do zwiększenia skali stosowania terapii fagowej są wyzwania logistyczne, jak i regulacyjne, ale są one do pokonania.

Informacja o finansowaniu badań: *Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości". Umowa nr RID/SP/0010/2024/1.*

BIBLIOGRAFIA

1. Adnan M., Ali Shah M. R., Jamal M., Jalil F., Andleeb S., Nawaz M. A., Pervez S., Hussain T., Shah I., Imran M., Kamil A. 2020. Isolation and characterization of bacteriophage to control multidrug-resistant Pseudomonas aeruginosa planktonic cells and biofilm. Biologicals. 63. 89-96.
2. WHO Bacterial Priority Pathogens List. 2024: bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. ISBN 978-92-4-009346-1 (electronic version). ISBN 978-92-4-009347-8 (print version).
3. Baj J., Bartosik D., Dziewit Ł., Jagusztyn-Krynicka E.K., Markiewicz Z., Piekarowicz A., Włodarczyk M., Wolska K.I. 2015. Biologia molekularna bakterii. Wyd. 2. zm. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN.
4. Abedon ST., García P., Mullany P., Aminov R. 2017. Editorial: Phage Therapy: Past, Present and Future. Front. Microbiol. 8. 981. doi: 10.3389/fmicb.2017.0098.
5. Bello-López JM., Cabrero-Martínez OA., Ibáñez-Cervantes G., Hernández-Cortez C., Pelcastre-Rodríguez LI., Gonzalez-Avila LU., Castro-Escarpulli G. 2019. Horizontal Gene Transfer and Its Association with Antibiotic Resistance in the Genus Aeromonas

spp. Microorganisms. 7(9).363. doi: 10.3390/microorganisms7090363. PMID: 31540466; PMCID: PMC6780555.
6. Breijyeh Z., Jubeh B., Karaman R. 2020. Resistance of Gram-Negative Bacteria to Current Antibacterial Agents and Approaches to Resolve It. Molecules. 25(6).1340. doi: 10.3390/molecules25061340. PMID: 32187986; PMCID: PMC7144564.
7. Chegini Z., Khoshbayan A., Taati Moghadam M., Farahani I., Jazireian P., Shariati A. 2020. Bacteriophage therapy against Pseudomonas aeruginosa biofilms: a review. Ann Clin Microbiol Antimicrob.19(1). 45. doi: 10.1186/s12941-020-00389-5. PMID: 32998720; PMCID: PMC7528332.
8. Clokie MR., Millard AD., Letarov AV., Heaphy S. 2011. Phages in nature. Bacteriophage.1(1). 31-45. doi: 10.4161/bact.1.1.14942. PMID: 21687533; PMCID: PMC3109452.
9. Eun YJ., Foss MH., Kiekebusch D., Pauw DA., Westler WM., Thanbichler M., Weibel DB. 2012. DCAP: a broad-spectrum antibiotic that targets the cytoplasmic membrane of bacteria. J Am Chem Soc.134 (28). 11322-5. doi: 10.1021/ja302542j. Epub 2012 Jul 5. PMID: 22741745; PMCID: PMC3516701.
10. Gaynes R. 2017. The Discovery of Penicillin-New Insights After More Than 75 Years of Clinical Use. Emerging Infectious Diseases 23 (5). 849-53. https://doi.org/10.3201/eid2305.161556.
11. Gill EE., Franco OL., Hancock RE. 2015. Antibiotic adjuvants: diverse strategies for controlling drug-resistant pathogens. Chem Biol Drug Des. 85(1). 56-78. doi: 10.1111/cbdd.12478. PMID: 25393203; PMCID: PMC4279029.
12. Hall S., McDermott C., Anoopkumar-Dukie S., McFarland AJ., Forbes A., Perkins AV., Davey AK., Chess-Williams R., Kiefel MJ., Arora D., Grant GD. 2016. Cellular Effects of Pyocyanin, a Secreted Virulence Factor of Pseudomonas aeruginosa. Toxins (Basel). 8(8). 236. doi: 10.3390/toxins8080236. PMID: 27517959; PMCID: PMC4999852.
13. Interagency Coordination Group on Antimicrobial Resistance. 2019. No time to Wait: Securing the future from drug-resistant infections. *https://www.who.int/publications/i/item/no-time-to-wait-securing-the-future-from-drug-resistant-infections.*
14. Jurado-Martín I., Sainz-Mejías M., McClean S. 2021. Pseudomonas aeruginosa: An Audacious Pathogen with an Adaptable Arsenal of Virulence Factors. Int J Mol Sci. 22(6). 3128. doi: 10.3390/ijms22063128. PMID: 33803907; PMCID: PMC8003266.
15. Lin DM., Koskella B., Lin HC. 2017. Phage therapy: An alternative to antibiotics in the age of multi-drug resistance. World J Gastrointest Pharmacol Ther. 8(3). 162-173. doi: 10.4292/wjgpt.v8.i3.162. PMID: 28828194; PMCID: PMC5547374.
16. Lister PD., Wolter DJ., Hanson ND. 2009. Antibacterial-resistant Pseudomonas aeruginosa: clinical impact and complex regulation of chromosomally encoded resistance mechanisms. Clin Microbiol Rev. 22(4). 582-610. doi: 10.1128/CMR.00040-09. PMID: 19822890; PMCID: PMC2772362.
17. Mielko KA., Jabłoński SJ., Milczewska J., Sands D., Łukaszewicz M., Młynarz P. 2019. Metabolomic studies of Pseudomonas aeruginosa. World J Microbiol Biotechnol. 35(11). 178. doi: 10.1007/s11274-019-2739-1. PMID: 31701321; PMCID: PMC6838043.
18. O'Neill J., 2014. Review on Antimicrobial Resistance. Antimicrobial Resistance: Tackling a Crisis for the Health and Wealth of Nations. https://amr-review.org/.
19. Pang Z., Raudonis R., Glick BR., Lin TJ., Cheng Z. 2019. Antibiotic resistance in Pseudomonas aeruginosa: mechanisms and alternative therapeutic strategies. Biotechnol Adv. 37(1). 177-192. doi: 10.1016/j.biotechadv.2018.11.013. Epub 2018 Nov 27. PMID: 30500353.

20. Philipson CW., Voegtly LJ., Lueder MR., Long KA., Rice GK., Frey KG., Biswas B., Cer RZ., Hamilton T., Bishop-Lilly KA. 2018. Characterizing Phage Genomes for Therapeutic Applications. Viruses.10(4). 188. doi: 10.3390/v10040188. PMID: 29642590; PMCID: PMC5923482.
21. Qin S., Xiao W., Zhou C., Pu Q., Deng X., Lan L., Liang H., Song X., Wu M. 2022. Pseudomonas aeruginosa: pathogenesis, virulence factors, antibiotic resistance, interaction with host, technology advances and emerging therapeutics. Signal Transduct Target Ther. 7(1). 199. doi: 10.1038/s41392-022-01056-1. PMID: 35752612; PMCID: PMC9233671.
22. Reig S., Le Gouellec A., Bleves S. 2022. What Is New in the Anti-Pseudomonas aeruginosa Clinical Development Pipeline Since the 2017 WHO Alert? Front. Cell. Infect. Microbiol. 12. 909731. doi: 10.3389/fcimb.2022.909731.
23. Strathdee SA., Hatfull GF., Mutalik VK., Schooley RT. 2023. Phage therapy: From biological mechanisms to future directions. Cell. 186(1). 17-31. doi: 10.1016/j.cell.2022.11.017. PMID: 36608652; PMCID: PMC9827498.
24. Summers W.C. 2012. The Strange History of Phage Therapy. Bacteriophage. 2 (2). 130-33. https://doi.org/10.4161/bact.20757.
25. Tang KWK., Millar BC., Moore JE. 2023. Antimicrobial Resistance (AMR). Br J Biomed Sci. 80. 11387. doi: 10.3389/bjbs.2023.11387. PMID: 37448857; PMCID: PMC10336207.
26. Tenderenda A., Łysakowska ME., Gawron-Skarbek A. 2023. The Prevalence of Alert Pathogens and Microbial Resistance Mechanisms: A Three-Year Retrospective Study in a General Hospital in Poland. Pathogens. 12(12). 1401. doi: 10.3390/pathogens12121401. PMID: 38133286; PMCID: PMC10746124.

PHAGE THERAPY – AN ALTERNATIVE FOR ANTIBIOTICS-RESISTANCE BACTERIA INFECTIONS

Summary

The emergence of pathogenic bacteria resistant to many currently available antimicrobial agents has become a critical problem in modern medicine, particularly due to the concomitant increase in immunosuppressed patients. Non-antibiotic therapies to treat bacterial infections are now under serious consideration and one possible option is the therapeutic use of specific phage particles. Bacteriophage therapy, discovered in the pre-antibiotic era, is currently gaining great interest due to its effectiveness and the ability to obtain phages from many different environments in which they live. This specificity makes phage therapy an attractive alternative in the treatment of infections, especially those caused by multidrug-resistant bacteria. The publication examines the problem of growing bacterial resistance to antibiotics and the need for novel methods of combating them. Phage therapy is presented as a promising alternative to traditional antibiotics, and its benefits are highlighted. The article also examines the challenges associated with phage therapy, such as accessibility, standardisation, regulatory concerns and the need for additional clinical trials. It highlights the significant potential of phage therapy to combat bacterial infections and its central role in shaping the future of medicine.

Keywords: antibiotic resistance, bacteriophages, pathogenic bacteria

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 167-175. rok 2024

MARIA PIETRZAK

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, e-mail: *maria.pietrzak@sgh.waw.pl*

RETARDACJA PRZEKSZTAŁCANIA ZASOBÓW ŚRODOWISKA - KONCEPCJA POPULARYZOWANA PRZEZ FUNDACJĘ "W SERCU MATKI"

Działania popularyzujące ideę retardacji przekształcania zasobów środowiska w sposób niebezpośredni, w ramach z pozoru niezwiązanych projektów, lecz przekazujące przeciętnemu obywatelowi ważne informacje poparte badaniami naukowymi, zdają się mieć większe długofalowe oddziaływanie społeczne niż podejmowanie tematu przede wszystkim na poziomie akademickim. Podmiotem realizującym ideę retardacji jest między innymi Fundacja „W Sercu Matki". Choć głównym celem statutowym Fundacji było stwarzanie przestrzeni do dzielenia się talentami i wspieranie ludzi w ich rozwoju, Fundacja wskazywała również fundamenty harmonijnego rozwoju człowieka w długim okresie, przy uwzględnieniu współczesnych wyzwań, prowadząc warsztaty, webinary, czy też projekty typu „Ekodzielnia".

Słowa kluczowe: retardacja, ekologia integralna, świadomość ekologiczna, popularyzacja nauki, wpływ społeczny, rozwój talentów

I. WSTĘP

Choć ochrona środowiska przez wielu ekonomistów uważana jest za sferę, w której nadrzędną rolę pełni ustawodawca, więc to na szczeblu państwa podejmowane są najważniejsze inicjatywy zmierzające do efektywnego zarządzania środowiskowego [Adamczak 2022], to jednak we wzmacnianiu świadomości środowiskowej społeczeństwa coraz częściej podkreślane jest także znaczenie inicjatyw oddolnych [Chamber 1997, Fraser i in. 2006, Pereira i in. 2019].

Słowo retardacja, przez zawarty w nim przedrostek „re" wskazuje na pewne odwołanie do stanu początkowego. Zasadniczo retardacja odnosi się do wolniejszego rozwoju pewnego organu w stosunku do innych [Ziegler i Hodapp 1986], albo świadomego zatrzymania akcji utworu literackiego, by stworzyć nastrój napięcia przed wprowadzeniem nowego wątku, osoby, wydarzenia [Słownik Języka Polskiego…]. Jednak termin ten zaadoptowany został także od dawna przez uczestników konferencji naukowych organizowanych na Uniwersytecie Rzeszowskim, by zwrócić uwagę na nowy environmentalizm, wymagający spowolnienia przekształcania ekosystemów przez człowieka [Kostecka 2024].

W odniesieniu do świata przyrody wiele pojęć zawiera przedrostek „re" [Morin 2005]. Obok retardacji, czyli w rozumieniu przyjętym przez autorkę artykułu, świadomego zatrzymania pewnego procesu, mówimy zatem o reforestacji, regeneracji, rolnictwie regeneratywnym. W języku angielskim ważnych pojęć zawierających przedrostek „re" jest jeszcze więcej. Jego odpowiednik w języku polskim to „od", stąd mamy na przykład odnowę (ang. *renewal*).

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.17

W niniejszym artykule retardacja będzie odnosiła się zarówno do retardacji przekształcania zasobów środowiska, jak też do retardacji w znaczeniu spowolnienia odnoszącego się do innych aspektów działalności człowieka. Okazuje się bowiem, że nawet wolniejsze jedzenie powinno być ważne i niesie pozytywne skutki dla przebiegu trawienia oraz innych procesów metabolicznych [Włodarek i in. 2015]. Chodzi także o mentalną retardację, która jednak nie jest spowodowana uszkodzeniem mózgu natury chorobowej lub wypadkowej, lecz świadomą decyzją człowieka, wynikającą z chęci lepszego przeżywania własnego życia [Roth 2011].

Ściśle powiązana z retardacją jest koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym [Murray i in. 2017], a więc takiej, w której odpady zamiast trafiać na wysypiska śmieci albo w inne miejsca utylizacji nieużytków różnego rodzaju, stają się one na nowo produktami/komponentami, powtórnie przetwarzanymi, inaczej wykorzystywanymi. By jednak coś, co w powszechnej świadomości jest traktowane jako śmieć, stało się znowu surowcem, potrzebna jest mentalna otwartość, a także kreatywność, skutkujące poszukiwaniem nowych rozwiązań, choćby wydawały się one niemożliwe w pierwszej chwili. To wymaga systemowego myślenia [De Angelis i Ianulardo 2024], które zawiera się w idei retardacji.

Zamierzeniem autorki artykułu jest wskazanie działań realizowanych przez Fundację „W Sercu Matki" (Fundacja), które w różnym zakresie i wymiarze zawierały w sobie rzeczywistą zachętę do retardacji, aby zainspirować środowisko akademickie, ale także przedstawicieli różnych sektorów gospodarki, z innymi organizacjami pozarządowymi włącznie, do podejmowania inicjatyw promujących bezpośrednio i pośrednio ideę retardacji przekształcania zasobów środowiska.

II. METODA PRACY

W artykule posłużono się jakościową metodą badawczą, to jest studium przypadku [Pizło 2009, Rashid i in. 2019]. Przedstawione zostały działania podejmowane przez Fundację „W Sercu Matki" w okresie jej blisko 5cio letniego funkcjonowania, tj. w latach 2019-2024 Skupiono się wyłącznie na tych przedsięwzięciach, które były zgodne z ideą retardacji.

Aktywności Fundacji, których krótkie charakterystyki można znaleźć na stronie internetowej Fundacji (www.fundacjawsercumatki.pl), w niniejszym artykule zostały opisane w oparciu o obszerne materiały własne, stanowiące podstawę do ich implementacji. Wiele z podjętych projektów wynikało nie tylko z gromadzonego przez autorkę w życiu zawodowym doświadczenia i studiów literatury, ale i obserwacji w każdej dziedzinie życia czynionych od wczesnej młodości. Jako że autorka sama inicjowała większość opisanych wydarzeń, możliwe było przedstawienie intencji ich podejmowania. Podano również konkretne publikacje, będące efektem przeglądu literatury przedmiotu i dotyczące szeroko pojętej koncepcji retardacji i licznych związanych z nią wątków, poruszanych w tekście. Jako że omawiana problematyka jest wielowątkowa i interdyscyplinarna, wykorzystano publikacje z różnych dyscyplin naukowych.

III. WYNIKI

Działania z zachętą do retardacji realizowane przez Fundację „W Sercu Matki"

Głównym celem działania Fundacji „W Sercu Matki" było wspieranie ludzi w odkrywaniu i rozwoju ich talentów, a także stwarzanie przestrzeni do tego, by się talentami dzielić. Fundatorki powodowane własnym doświadczeniem nabrały przekonania, że jedynie przez „puszczenie talentu w obieg" [Por. Mt 25, 14-30] człowiek odczuwa pełną radość z tego, że został obdarzony danym talentem i czyni z niego właściwy pożytek. W związku z tym Fundacja zajmowała się przede wszystkim organizacją wydarzeń zmierzających do tego, by szerzyć świadomość na temat

różnorodności talentów i znaczenia każdego z nich, choćbyśmy sami mieli poczucie, że jest małej wagi. Tworząc przestrzeń do rozwoju talentów, na przykład zatrudniając osoby, które odkryły swój talent i chciały się nim podzielić, Fundacja starała się podkreślać, że każdy talent jest nam dany po to, żeby robić z niego pożytek.

Jeden z głównych projektów Fundacji - „8 talentów", odwoływał się do koncepcji prof. Howarda Gardnera dotyczącej inteligencji wielorakich [Gardner 2002]. Realizowane przez blisko 3 lata „8 talentów" zmierzało do podniesienia świadomości społecznej na temat różnych inteligencji, wyszczególnionych przez H. Gardnera i współpracujących z nim badaczy uniwersytetu Harvarda. By realizować to założenie w kolejnych miesiącach roku szkolnego organizowano webinary i warsztaty związane z następującymi rodzajami talentów: językowym, matematyczno-logicznym, przyrodniczym, intrapersonalnym, interpersonalnym, wizualno-przestrzennym, kinestetycznym (ruchowym), muzycznym. W każdym roku talenty były przybliżane w różnej kolejności, by ukazywać możliwości rozwoju poszczególnych talentów w różnym czasie i zachęcać do ich rozwoju bez względu na porę roku.

Choć odkrycie talentów i ich świadome wykorzystanie to kluczowy aspekt przedsięwzięć prowadzonych przez Fundację, nieodłącznym elementem podejmowanych projektów było również wskazywanie na filary prawidłowego rozwoju, do których należy odpowiedni tryb życia i zdrowa dieta. Właśnie te działania należy uznać za wiążące się z ideą retardacji – nie tylko przekształcania zasobów środowiska, ale i całego życia. Prawdziwy rozwój nie zmierza bowiem do bezrefleksyjnej hiperkonsumpcji, przez którą nieustannie wzrasta presja do tego, by bardziej mieć niż być, a co za tym idzie, by stawiać na ilość, a nie jakość, choć to ta druga stanowi fundament życia pełnią naszego człowieczeństwa [Crocker 2010, Siciliano 2016].

Do najważniejszych działań „retardacyjnych" Fundacji należy zaliczyć publikację książki „Jakość życia – na co masz wpływ", w której reprezentanci 13 dziedzin nauki (naukowcy i praktycy) przedstawili w formie popularnonaukowej „pigułki" najważniejszą wiedzę, popartą badaniami, na temat tego, jak każdy z nas konkretnymi czynnościami lub zaniechaniem pewnych działań, może podnieść jakość swojego życia [Pietrzak i in. 2021]. Celem książki była próba dostarczenia współczesnemu człowiekowi rzetelnej, interdyscyplinarnej wiedzy, stanowiącej antidotum na wszechobecny zalew dezinformacji [Benett i Livingstone 2020].

Choć niektóre rozdziały wspomnianej publikacji wyraźniej akcentują konieczność retardacji – nie tylko przekształcania zasobów środowiska, ale także współczesnego życia, to należy uznać, że – choć nie było to zamierzonym celem autorów, cała publikacja dostarcza dowodów na potrzebę retardacji. Szczególnie wybrzmiewa ta potrzeba w rozdziale prof. Joanny Kosteckiej wskazującym na istotność bioróżnorodności w naszym szeroko pojętym ekosystemie, czy też w rozdziale stanowiącym esencję współczesnej psychologii, w którym dr Maria Jankowska akcentuje rolę inteligencji emocjonalnej, umożliwiającej skuteczniejsze radzenie sobie z trudnymi doświadczeniami życia codziennego oraz wspierającej pełne wykorzystanie potencjału naszego intelektu [Pietrzak i in. 2021]. Jak inteligencja emocjonalna wiąże się z retardacją? By ją rozwijać konieczne jest zatrzymanie się, wejście w głąb zamiast nieustannego „ślizgania się" po powierzchni zdarzeń. Życie w pędzie, nieustannej wielozadaniowości i wielowątkowości licznych połączeń ze światem przez media społecznościowe i będący stale pod ręką a nawet nieustannie w użyciu – telefon komórkowy, nie pozwala zastanowić się głębiej nad tym, co dzieje się wokół nas, co przeżywamy i co możemy z tym zrobić dla pożytku własnego i innych zamiast podążać ślepo za tym, za czym idzie bezimienny i nierzadko błądzący tłum.

W innych rozdziałach kwestia retardacji i jej zbawiennych skutków na zdrowie i jakość życia człowieka również jest podejmowana w różny sposób. Przykładowo, dr n. med. Mariusz Koziak akcentuje konieczność zwolnienia tempa życia i świadomej redukcji wszechogarniającej nas stresu, by cieszyć się dobrym wzrokiem przez długie lata. Fizjoterapeutka Renata Rakoczy,

wskazuje na konieczność podejmowania regularnych przerw w pracy, by odciążyć nasz organizm i zapobiec problemom z układem ruchu, ale też innym schorzeniom. Lekarz ginekolog Natalia Szuszczewicz również podkreśla wagę zwolnienia tempa życia, by nabrać świadomego podejścia do kwestii płodności i zdrowia prokreacyjnego.

Kolejnym przedsięwzięciem Fundacji szerzącym koncepcję retardacji był cykl webinarów, dotyczących ogólnie rzecz ujmując, znaczenia kontaktu człowieka z przyrodą i troski o naturę, z której człowiek, choć często o tym nie myśli, czerpie niezliczone korzyści odnoszące się do każdego wymiaru życia, zaczynając od obniżania temperatury powietrza przez roślinność, a na pozytywnym wpływie na zdrowie psychiczne kończąc. Formuła nieodpłatnych webinarów, czyli 30-60 minutowych spotkań w formule on-line, zwykle w dni powszednie z rana lub późnym popołudniem, umożliwiła wielu osobom wysłuchanie istotnych treści, których praktyczna implementacja pozwala podnieść jakość życia oraz pozytywnie wpłynąć na środowisko naturalne – jedno z drugim jest bowiem nierozerwalnie związane.

Innym, ważnym przedsięwzięciem, które stanowiło realizację idei retardacji był projekt „Ekodzielnia". W czasie wydarzenia zorganizowanego na terenie Ursynowskiego Centrum Kultury „Alternatywy" zaproszono przede wszystkim mieszkańców dzielnicy Warszawa – Ursynów, ale także wszystkich innych zainteresowanych, na cykl wykładów z dziedziny fizjoterapii, dietetyki, endokrynologii i ogólnie zdrowia, by przedstawić współczesne bolączki społeczne i wskazać na możliwości zapobiegania im przez odpowiednie, świadome wybory – tego, co jemy, kupujemy, robimy każdego dnia, ale też przez rezygnację z różnych postaw, zakupów etc. Ponadto, w czasie wydarzenia serwowany był poczęstunek – odpowiadający temu, o czym mówiono w czasie prelekcji merytorycznych, a więc prawdziwie odżywiający i pokrzepiający, a nie jedynie zapełniający nasze żołądki, dostarczający kalorii i zapewniający dobre wrażenia smakowo-zapachowe, co dotyczy wielu powszechnie dostępnych, wysoko przetworzonych produktów, pochłaniających ogromne ilości zasobów przyrody bez realnej korzyści, a wręcz ze szkodą dla człowieka w długim terminie, pomimo wspomnianych pozytywnych doznań w chwili konsumpcji czy tuż przed nią.

Co więcej, w ramach Ekodzielni, działało kilka stanowisk, na których można się było porozmawiać ze specjalistami i samemu sprawdzić, jak coś działa. Przykładowo, na stanowisku prowadzonym przez pracowniczki Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW) można było dowiedzieć się o pożytecznych bakteriach w naszym przewodzie pokarmowym, przy innych natomiast sprawdzić swoje BMI i w razie nieprawidłowości dowiedzieć się, jak można temu zaradzić, albo policzyć ślad węglowy i co w największy stopniu wpływa na taką a nie inną jego wielkość. Ekodzielnia była także okazją do przyniesienia niepotrzebnych rzeczy, które znalazły nowych właścicieli dzięki przedsięwzięciu, a także zobaczyć na własne oczy, jak roztropniej korzystać z tego, co mamy, czego używamy każdego dnia, a co często przez pośpiech utrudniający pozbycie się złych nawyków zaniedbujemy. Była to okazja do podjęcia wysiłku refleksji nad własnym postępowaniem i jego słusznością lub jej brakiem. Możliwe było ponadto znalezienie odpowiedzi na pytanie, gdzie powinny trafić pewne rodzaje śmieci, mniej oczywiste przy segregacji, oraz jak dać drugie życie przedmiotom, które potrafią latami zalegać bezużyteczne w domach.

Następnym przedsięwzięciem Fundacji, promującym ideę retardacji był kurs „Matko! Zorganizuj się!". W piętnastu edycjach kursu, uczestniczące w nim matki szukały odpowiedzi na najbardziej nurtujące je pytania związane z macierzyństwem i szukaniem własnej, niepowtarzalnej drogi w tym powołaniu. Prowadząca, opierając się o własne doświadczenie bycia matką czworga dzieci, dzieliła się tym, co pomogło jej z wdzięcznością i pokojem w sercu przeżywać nie tylko chwile naturalnie napełniające radością, ale też te pełne trudu, naznaczone cierpieniem duszy lub ciała, które nierzadko potrafią przysłonić piękno bycia matką. Dobremu przeżywaniu macierzyństwa zdecydowanie sprzyja retardacja, a więc ewangeliczne „wyjście na

pustynię", by w samotności nabrać świadomości tego, co jest w życiu najważniejsze i co powinno motywować nasze codzienne wybory. Bez zwolnienia tempa życia, rezygnacji z nadmiaru, który zwykle zaczyna przytłaczać nie prowadząc wcale do spełnienia, ale zwiększając frustrację, trudno o wyciszenie konieczne do wejścia na drogę dobrego przeżywania codzienności.

W odpowiedzi na liczne zapytania uczestniczek kursu „Matko! Zorganizuj się!" o możliwość dalszego wspólnego odkrywania drogi do radości w macierzyństwie, powstał cykl webinarów, stanowiących jedną całość, ale niewykluczających wysłuchania pojedynczych odcinków. W poszczególnych częściach autorka zachęcała ponownie do nabrania dystansu do własnej codziennej rutyny i głębszego przemyślenia tego, co jest w nas, co robimy, co się dzieje wokół nas, by świadomie przeżywać życie, podejmując suwerenne decyzje służące dobru indywidualnemu i społecznemu. W webinarach akcentowane było znaczenie powrotu do życia w zgodzie z naturą, zakładającego również prostotę od której człowiek odszedł przez zasobochłonny sposób życia, powodowany presją realizacji postulatów: „szybciej, lepiej, taniej" [*https://fundacjawsercumatki.pl/matko-zorganizuj-sie/*].

Poza wskazanymi wyżej projektami Fundacja realizowała ideę retardacji w różnych innych działaniach. Przykładowo, organizując kurs „Mama wraca do pracy", mobilizowała matki planujące wrócić do aktywności zawodowej po urlopach macierzyńskich i wychowawczych, niekiedy kilku albo kilkunastoletnich, do gruntownego przemyślenia, co jest ich talentem i w jakiej pracy będą mogły znaleźć prawdziwe spełnienie, puszczając w obieg to, czym zostały obdarowane.

Organizowano także odbiór niesprzedanej żywności ze sklepów ze żywnością ekologiczną i organiczną zmierzający do wykorzystania wszystkiego, co chętne osoby współpracujące z Fundacją, głównie rodziny wielodzietne, będą mogły jeszcze spożyć, a co już nie może być sprzedane z uwagi na drobne defekty czy mijającą datę przydatności do spożycia. W ten sposób zapobiegano marnowaniu żywności[2], a także wspierano rodziny.

Ponadto, Fundacja inicjowała nieustanną wymianę, zachęcając do przemyślenia, komu i gdzie mogłyby się przydać rzeczy których już nie potrzebujemy w swoich domach/rodzinach. Pokazywano, że zwykle to, co nie przydaje się już jednej osobie, zostanie z wdzięcznością przyjęte przez kogoś innego, gdy tylko z myślą o dalszym życiu używanych przedmiotów zadbamy o ich dobry stan. Te działania były zgodne z realizacją idei gospodarki o obiegu zamkniętym, która wymaga wysiłku polegającego na odejściu od najłatwiejszego dla człowieka zachowania – nie używam już/nie potrzebuję/ czuję, że coś mi zawadza, to wyrzucam. Podobnie, czy to organizując nowe przedsięwzięcia, czy w toku bieżącej działalności, zanim zainwestowano w nowe zasoby, podejmowano refleksję zmierzającą do ustalenia, czy może potrzebne zasoby nie są gdzieś odłożone, zapomniane, a wciąż sprawne/nadające się do użytku. Taka świadoma wymiana wymaga jednak ponownie zatrzymania się w wirze spraw, by przemyśleć i właściwie zdiagnozować sytuację, a dopiero potem ustalić konieczne zakupy.

Inspiracja dla środowiska akademickiego, przedstawicieli różnych sektorów gospodarki i innych organizacji pozarządowych do podejmowania inicjatyw promujących bezpośrednio i pośrednio ideę retardacji przekształcania zasobów środowiska

Czytelnikom artykułu, zainspirowanym działaniami Fundacji należy się wyjaśnienie, że z uwagi na trudność w dalszym utrzymaniu Fundacji z dobrowolnych składek jej sympatyków, Fundacja znajduje się obecnie w stanie likwidacji. Autorka artykułu żywi jednak nadzieję, że aktywności podejmowane przez Fundację będą stanowiły inspirację dla wszystkich, którym idee

[2] W Polsce przeciętny obywatel wyrzuca 1/3 zakupionej żywności, co oznaczało 336 kg zmarnowanej żywności w roku średnio na obywatela w 2019 roku [*European Environment Agency* 2021].

odkrywania i rozwoju talentów oraz życia w zgodzie z naturą, a wraz z nimi koncepcja retardacji, są lub stają się bliskie.

Warto jednak podkreślić, że choćby uzasadnienia merytoryczne dotyczące znaczenia, słuszności i pożyteczności implementacji retardacji miały niezwykłą wagę gatunkową, to bez ludzi dających przykład swojego życia, cała idea może stać się jedynie kolejnym „postrachem" dla przeciętnego obywatela, który w obliczu dezinformacji wynikającej z dominującego sposobu działania współczesnych mediów, nierzadko odbiera postulaty dotyczące różnego rodzaju ograniczenia jako swoisty zamach na wolność obywatelską lub swego rodzaju „fanaberię" polityków [Gavidia 2013, Mebratu 1996]. Żywy przykład najbardziej przekonuje i zachęca do naśladowania [Eisenkopf i Kölpin 2024, Hartmann 2002).

Koncepcja retardacji realizowana przez Fundację „W Sercu Matki" nie jest odosobnionym przykładem implementacji tej idei w działaniach podmiotu niepublicznego, którego działania skierowane są do przeciętnego obywatela i ukazują znaczenie odpowiedzialnego podejścia do życia każdej osoby. Jednocześnie akcentują współzależności pomiędzy ludźmi i środowiskiem w sposób polegający na szerzeniu praktycznej, wynikającej z badań i doświadczenia wiedzy na temat znaczenia i kierunków tychże powiązań. Wydaje się, że ten sposób upowszechniania idei retardacji jest skuteczniejszy niż normatywne, niedające przestrzeni na pytania i odpowiedzi, informowanie uczestników życia społeczno-gospodarczego, że retardacja jest słuszna, a nawet konieczna, a zatem każdy musi/nie może/ma…., do czego zdaje się dążyć współczesna polityka państwowa i samorządowa, wprowadzająca różnego rodzaju nakazy i zakazy, mające wprawdzie związek z implementacją idei retardacji, jednak nierzadko rodzące powszechny bunt, z uwagi właśnie na ich autorytarność, rodzącą w ludziach przede wszystkim niepokój związany z troską o własne możliwość dalszego zaspokajania własnych potrzeb, a wraz z nim instynkt samozachowawczy, skłaniający do odpierania „ataku" tego, kto siłą (choćby ustawodawczą) narzuca nam coś zamiast przekonywać własnym przykładem.

Wiele miejsc kultury i nauki przedstawia w sposób zmuszający do refleksji fakt zachodzenia istotnych zmian w naszym otoczeniu, które człowiek może powstrzymać lub skierować na służący ludzkości kierunek, jeśli tylko podejmie konieczną refleksję. W warszawskim Centrum Nauki Kopernik można zatem zobaczyć, jak czerwone niskie paliki (których proporcje przedstawiono w stosunku do zmian w liczbie ludności w XX wieku osiągają rozmiary wykraczające ponad sufit pomieszczenia o wysokości standardowej dla obecnego budownictwa biurowego). Równolegle pokazane jest, jak wzrosło w tym czasie zapotrzebowanie na żywność, konieczną do wyżywienia stale zwiększającej się populacji.

Podobne, obrazowe porównania znajdują się w innych placówkach kulturalnych i naukowo-badawczych, np. w Miniatur Wunderland w Hamburgu, w Niemczech. Oczywiście, celem wspomnianych ekspozycji jest podniesienie świadomości zwiedzających, na temat rosnących potrzeb ludzi w obliczu ograniczoności zasobów. Niezwykle ważne wydaje się jednak w tych działaniach podkreślanie zasadności retardacji przekształcania zasobów środowiska w sposób umiejętny, dostępny dla przeciętnego obywatela, posługujący się językiem korzyści. Wydaje się, że dziś natomiast w polityce dominuje narracja katastrofy polegająca na przekazywaniu społeczeństwu negatywnej wizji przeszłości, mającej skłaniać do rozumienia wprowadzanych ograniczeń w życiu społeczno-gospodarczym poprzez wywoływanie uczucia powszechnego lęku przed konsekwencjami realizacji najbardziej dramatycznych wizji przyszłości [Button 2020]. Wydaje się, że świadomość powagi sytuacji powinna skłaniać do odpowiedzialnego szerzenia wiedzy nakłaniającą do większej roztropności w gospodarowaniu zasobami przez promowanie retardacji, ograniczającej marnotrawstwo zasobów i w długim okresie zwiększającej ogólną jakość życia jednostek i społeczności na ziemi.

Istnieje wiele przykładów na to, że roztropność w wykorzystaniu zasobów jest możliwa i ma wiele pożytecznych konsekwencji. Projekty polegające na pozyskaniu energii z naturalnego potencjału tkwiącego w rzekach i zbiornikach naturalnych [Alam i in. 1995], przywracanie naturalnego bogactwa wyludnionym terenom hiszpańskiej Galicji [Garcia i in. 2012], czy lokalne inicjatywy zmierzające do zadbania o naturalne środowisko, a jednocześnie możliwości rekreacji w Szwecji [Eckberg i in. 2020], to pojedyncze przykłady retardacji, a wraz z nią nowego podejścia do dostępnych zasobów i możliwości ich wykorzystania, by zaspokoić pierwsze potrzeby rosnącej populacji.

Należy tu podkreślić, że działania podejmowane przez Fundację „W Sercu Matki", były powodowane własnym doświadczeniem i zdobytą wiedzą interdyscyplinarną, co skutkowało autentycznym zaangażowaniem autorki w prowadzone działania [Berry 2009]. Brak tego aspektu – to jest autentyczności pobudek i czynów zgodnych z tym, do czego zaprasza się innych w sferze działań publicznych oraz w polityce, może być jednym z powodów, dla których działania odgórne odnoszące się do retardacji nie są skuteczne [Ali 2006, Spillane i in. 2002].

Wydaje się, że działania podejmowane przez Fundację „W Sercu Matki", choć ich odbiorcami były często społeczność lokalna (tj. mieszkańcy warszawskiego Ursynowa, Wilanowa, Mokotowa i ich okolic), przyniosły określone i pozytywne rezultaty, co można stwierdzić na podstawie informacji zwrotnej wielu osób uczestniczących w aktywnościach Fundacji. Prowadzone webinary, kursy czy inne projekty, skłoniły ich uczestników do podjęcia refleksji nad życiem, środowiskiem, w którym żyjemy i wpływem każdego z nas, jak też całego społeczeństwa, zarówno na bliższe i dalsze otoczenie, jak i na jakość naszego życia.

IV. PODSUMOWANIE

Celem artykułu było zainspirowanie czytelników do poszukiwania różnorakich sposób na wdrażanie idei retardacji w różnych sferach życia. Autorka artykułu ma nadzieję, że przedstawione w artykule praktyczne sposoby na implementację i upowszechnianie idei retardacji realizowane przez Fundację „W Sercu Matki" – nie tylko w odniesieniu do przekształcania zasobów środowiska, ale także w innych wymiarach ludzkiej aktywności, skłonią czytelników do podjęcia podobnych działań w przestrzeniach im właściwych oraz w odpowiadający im sposób.

Autorka artykułu ma świadomość, że idea retardacji wciąż wymaga szerzenia, jednocześnie jednak żywi przekonanie, że wszelka aktywność zmierzająca do popularyzacji idei retardacji powinna skupiać się przede wszystkim na wskazywaniu rzeczywistych przykładów wdrażania tej idei w życie. Bowiem żywy przykład zwykle skuteczniej niż teoretyczne wywody przekonuje i zachęca do naśladowania. Choćby uzasadnienia merytoryczne dotyczące znaczenia, słuszności i pożyteczności implementacji retardacji miały niezwykłą wagę gatunkową, to bez ludzi dających przykład swojego życia, cała idea może stać się jedynie kolejnym „postrachem" dla przeciętnego obywatela, który w obliczu dezinformacji wynikającej z dominującego sposobu działania współczesnych mediów, nierzadko odbiera postulaty dotyczące różnego rodzaju ograniczenia jako swoisty zamach na wolność obywatelską lub kolejną fanaberię ludzi u władzy.

Choć retardacja nie była podstawowym celem istnienia Fundacji, to trzeba podkreślić, że świadomy rozwój, do którego zachęcała, starając się wdrożyć go przede wszystkim na własnym „podwórku", wiąże się z uproszczeniem życia i do niego także prowadzi. Prostota i powrót do natury łączą się z ideą retardacji – nie tylko przekształcania zasobów środowiska, ale także całego życia współczesnego człowieka.

Autorka artykułu wyraża swoją wdzięczność prof. dr hab. Joannie Kosteckiej, która uczestniczyła w realizacji wielu projektów prowadzonych przez Fundację i stała się inicjatorką niniejszego artykułu.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamczak J. 2022. Restrukturyzacja przedsiębiorstwa komunalnego w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym na przykładzie branży gospodarki odpadami. Oficyna Wydawnicza SGH.
2. Alam M.K., Mirza M.R., Maughan O.E. 1995. Constraints and opportunities in planning for the wise use of natur al resources in developing countries: example of a hydropower project. Environmental Conservation. 22(4). 352-358.
3. Ali S. 2006. Why does policy fail? Understanding the problems of policy implementation in Pakistan-a neuro-cognitive perspective. International Studies in Educational Administration. 34(1). 2-20.
4. Bennett W., Livingston S. 2020. The disinformation age. Cambridge University Press.
5. Berry A. 2009. Professional self-understanding as expertise in teaching about teaching. Teachers and Teaching: theory and practice. 15(2). 30 5-318.
6. Button G. 2016. Disaster culture: knowledge and uncertainty in the wake of human and environmental catastrophe. Routledge.
7. Chambers R. 1997. Responsible well-being- A personal agenda for development. World development. 25(11). 1743-1754.
8. Crocker S.H. 2010. Real food matters for health. Journal of psychosocial nursing and mental health services. 48(10). 48-54.
9. De Angelis R., Ianulardo G. 2024. Circular economy principles as a basis for a sustainability management theory: A systems thinking and moral imagination approach. Business Strategy and the Environment. 4861-4870.
10. Eisenkopf G., Kölpin T. 2024. Leading-by-example: a meta-analysis. Journal of Business Economics. 94(4). 543-577.
11. Eckerberg K., Bjärstig T., Miljand M., Mancheva I. 2020. Devolving power from the state: local initiatives for nature protection and recreation in Sweden. Local Environment. *25*(6). 433-446.
12. Fraser E. D., Dougill A. J., Mabee W. E., Reed M., McAlpine P. 2006. Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. Journal of environmental management. 78(2). 114-127.
13. Fundacja w sercu matki. *www.fundacjawsercumatki.pl*
14. García M., Swagemakers P., Bock B., Fernández X. 2012. Making a living: Grassroots development initiatives, natural resource management and institutional support in Galicia. Spain. European Countryside. 4(1). 17-30.
15. Gardner H. 2002. Inteligencje wielorakie. Teoria w praktyce. wydawnictwo.
16. Gavidia M. 2013. Mining, communities, and the concept of sustainability: How lack of mutual understanding can foster frustration and distrust. In: 2nd International Conference on Social Responsibility in Mining. Santiago. Chile. 281-292.
17. Hartmann H. J. 2001. Teaching metacognitively. In: Metacognition in learning and instruction: Theory, research and practice. Dordrecht: Springer Netherlands. 149-172.
18. Kostecka J. 2024. Koncepcja nowego enwiromentalizmu – powiązania z tematyką konferencji „Retardacja przekształcania zasobów środowiska - osiągnięcia, problemy, perspektywy". Pol. J. Sust. Dev. 28(1). 9-27. DOI:10.15584/pjsd.2024.28.1.1.
19. Mebratu D. 1996. Sustainability as a scientific paradigm. Lund: International Institute for Industrial Environmental Economics.
20. Morin E. 2005. RE: From Prefix to Paradigm. World Futures. 61(4). 254-267. *https://doi.org/10.1080/02604020590952583.*

21. Murray A., Skene K., & Haynes K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. Journal of business ethics. 140, 369-380.
22. Overview of national waste prevention programmes in Europe. 2021. European Environment Agency.
23. Pereira L., Asrar G., Fisher L., Hsu A., Nel J., Sitas N. 2019. Bottom-up initiatives and Participatory Approaches for Outlooks.
24. Pietrzak M., Kostecka J., Czerwonka M., Grochowski G. (red.). 2021. Jakość życia - na co masz wpływ. CeDeWu.
25. Pizło W. 2009. Studium przypadku jako metoda badawcza w naukach ekonomicznych, Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. 9 (5). 246-251.
26. Rashid Y., Rashid A., Warraich M. A., Sabir S.S., Waseem A. 2019. Case study method: A step-by-step guide for business researchers. International Journal of Qualitative methods. 18. 1609406919862424.
27. Roth B. 2011. Be More Productive? Slow Down: Design the Life and Work You Want. iUniverse.
28. Siciliano M. D. 2016. It's the quality not the quantity of ties that matters: Social networks and self-efficacy beliefs. American Educational Research Journal. 53(2). 227-262.
29. Słownik języka polskiego. Retardacja - definicja, synonimy, przykłady użycia. *https://sjp.pwn.pl/slowniki/retardacja.html#:~:text=retardacja%20Wielki%20s%C5%82ownik%20ortograficzny%20PWN%2A%20retarda%E2%80%A2cja%20-cji%2C%20-cj%C4%99%3B,2.%20%C2%ABcelowe%20zwalnianie%20biegu%20akcji%20w%20utworze%20literackim%C2%BB.*
30. Spillane J.P., Reiser B.J., Reimer T. 2002. Policy implementation and cognition: Reframing and refocusing implementation research. Review of educational research. 72(3). 387-431.
31. Włodarek D., Lange E., Głąbska D., Kozłowska L. 2015. Dietoterapia. Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
32. Zigler E., Hodapp R.M. 1986. Understanding mental retardation. Cambridge University Press.

RETARDATION OF ENVIRONMENTAL RESOURCE TRANSFORMATION - CONCEPT POPULARIZED BY THE "IN THE MOTHER'S HEART" FOUNDATION

Summary

Activities popularizing the idea of retardation of transforming environmental resources in an indirect way, as part of seemingly unrelated projects, but providing the common citizen with reliable information supported by scientific research, seem to have a greater long-term social impact than taking up the topic primarily at the academic level.

The entity implementing the idea of retardation is the "In the Mother's Heart" Foundation. Although the main goal of the Foundation was to create a space for sharing talents and supporting people in their development, the Foundation also pointed to the fundamentals of harmonious human development in the long term, taking into account contemporary challenges, by conducting workshops, webinars or projects such as "Eco-Sharing".

Key words: retardation, integral ecology, environmental awareness, popularization of science, social impact, talent development

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 177-184. rok 2024

MARTA PISAREK

Instytut Gospodarki, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie,
e-mail: *marta.pisarek@pans.krosno.pl*

PERSPEKTYWY ROZWOJU *SLOW TOURISM* NA PODKARPACIU

Województwo podkarpackie ze względu na swoje położenie, potencjał przyrodniczo-kulturowy i rozwijające się potrzeby świadomego turysty (zainteresowanego także produktem turystycznym opartym o zasady slow) może w przyszłości stanowić główny kierunek destynacji wybranej grupy odbiorców turystyki. Aktualnie wielu właścicieli wiejskiej bazy noclegowej poszerza swoją ofertę o atrakcje związane z uważnością, takie jak kontemplacja w otoczeniu natury, kąpiele w saunie, możliwość noclegu pod gołym niebem. Ich oferta jest zróżnicowana, co daje perspektywę wypoczynku zarówno dla klientów preferujących agroturystykę, jak też jej nowsze formy, np. glamping. Pojawiły się także oferty turystyki zaangażowanej społecznie, w której turysta ma możliwość ścisłej interakcji z gospodarzem atrakcji lub lokalną społecznością. Opisane w artykule przykłady realizacji usług turystycznych w nurcie slow tourism stanowią wzorzec poszukiwania nowych form wypoczynku które przyczyniają się do retardacji negatywnych przemian w środowisku przyrodniczym i społeczno-kulturowym.

Słowa kluczowe: turystyka *slow,* baza noclegowa, atrakcja turystyczna, Podkarpacie, retardacja

I. WSTĘP

Początek rozwoju turystyki na skalę masową nastąpił w latach 50. XX w. w wyniku znacznego postępu w infrastrukturze i środkach transportu a także zmianach polityki poszczególnych krajów, mającej na celu intensyfikację udziału społeczeństwa w turystyce. Głównym podejściem do rozwoju turystyki było w tym czasie traktowanie jej jako źródła dochodu i podstawowej dziedziny w strukturze gospodarki [Nawrocka 2010]. Aktualnie w literaturze tematu podkreśla się negatywne skutki masowej turystyki, szczególnie bierze się pod uwagę degradację środowiska, wzrost zachorowań w połączeniu z okresowym przeludnieniem, często brak związku z kulturą czy tradycją. Współczesny turysta kreuje swój wizerunek osoby znudzonej, skomercjalizowanej i niezainteresowanej miejscem, do którego przybywa. Ponadto szczególnie w grupie turystów odwiedzających aglomeracje miejskie obserwuje się destrukcyjne zachowania, w tym nadużywanie alkoholu oraz agresję słowną i fizyczną. Turystyka masowa, będąc wcześniej powodem zadowolenia i dumy lokalnych administracji miast i organizatorów, w wielu przypadkach (m.in. Lizbona, Wenecja, Amsterdam, Barcelona) przekształciła się z sukcesu w uciążliwy dla mieszkańców i często niekorzystny dla nich proces, budzący niechęć i negatywny stosunek do turystów [Komorowski 2018, Wójtowicz 2016].

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.18

Odpowiedzią na wspomniane zmiany w turystyce jest duża liczba inicjatyw z zakresu spowalniania życia, świadome i uważne uczestnictwo w podróży, odbieranie nowych doświadczeń wszystkimi zmysłami, jednocześnie z poszanowaniem środowiska przyrodniczego, dziedzictwa kulturowego i miejscowej ludności [Wilkońska 2016]. Projektowanie wolnego czasu na terenach bogatych przyrodniczo w oparciu o uważność zalecana jest obecnie przez liczne grono terapeutów, bowiem współczesne badania naukowe potwierdzają dobroczynne działanie spowolnionej turystyki na przebieg procesów biopsychicznych człowieka [Karczewski 2013, 2014].

Celem opracowania jest prezentacja idei i uwarunkowań *slow tourism* oraz charakterystyka województwa podkarpackiego w kontekście możliwości uprawiania tej turystyki. Opisano także wybrane przypadki jej realizowania.

II. MATERIAŁ I METODY

Opracowując niniejszy artykuł korzystano ze źródeł, które można ująć w trzy zasadnicze zbiory: () szeroko rozumiana literatura naukowa, zamieszczona w dostępnych bazach danych, w tym m.in. Google Scholar i Scopus, () dane statystyczne pochodzące z Banku Danych Regionalnych Głównego Urzędu Statystycznego, raporty analiz ruchu turystycznego w województwie podkarpackim, strategie i programy rozwoju turystyki opracowane na zlecenia Urzędu Marszałkowskiego i Podkarpackiej Regionalnej Organizacji Turystycznej, () dokumentacja elektroniczna obejmująca materiały informacyjne i promocyjne twórców produktów turystycznych funkcjonujących na terenie województwa podkarpackiego zamieszczone na portalach społecznościowych, stronach www, itp.

Dokonano analizy zebranych danych i przedstawiono interpretację opisową badanego zjawiska.

III. WYNIKI

Slow tourism – idea i uwarunkowania

Warunkiem niezbędnym do uprawiania turystyki jest istnienie czasu wolnego, zaś czynności wykonywane w czasie wolnym mają odzwierciedlenie w potrzebach konsumpcyjnych [Marciniak i Orliński 2016]. Źródłem popytu na zróżnicowane sposoby zagospodarowania czasu wolnego jest chęć człowieka do samorealizacji oraz społecznego wyróżniania się. Ta chęć powoduje na przykład poszukiwanie nowych sposobów i miejsc wypoczynku, co stymuluje rozwój nowych form turystyki i nowych obszarów recepcji turystycznej. Wzrost świadomości klientów w zakresie ochrony środowiska oraz zasad zrównoważonego rozwoju powoduje, że turyści coraz częściej wybierają produkt, który z jednej strony ma na długo utrwalić się w ich pamięci, ale jednocześnie odpowiadać założeniom odpowiedzialnej turystyki [Burmecha-Olszowy 2014, Niezgoda i Markiewicz 2014].

Rozważając *slow* turystykę jako zjawisko, którego podmiotami jest ogół ludzi o charakterystycznych zachowaniach i postawach, opierających się na zasadach powolnego, uważnego życia, Burmecha-Olszowy [2014] oraz Wilkońska [2016] wyróżniają następujące czynniki, przyczyniające się do rozwoju tej formy turystyki:

- autentyczność i wiarygodność zarówno produktów turystycznych jak i środowiska gospodarczo-przyrodniczego, w którym produkt ten jest umiejscowiony;
- ukierunkowanie na lokalne dziedzictwo kulturowe i przyrodnicze;
- wysoki standard usług i jakość oferty jednocześnie z poszanowaniem zasad zrównoważonego rozwoju.

W Manifeście *Slow Travel* ogłoszonym w 2009 roku przez Nicky Gardner znajdujemy wiele wskazówek jak podróżować by uczynić nasz wyjazd świadomym, odpowiedzialnym

i minimalnego wpływu, budując wrażliwość turysty na problemy odwiedzanego miejsca. Podróżujący powinien nie tylko szanować przestrzeń którą odwiedza, ale również pozostawić w tym miejscu coś od siebie [Sukiennik 2014].

Idea *slow* od samego początku jej popularyzacji związana była z mniejszymi miastami europejskimi (do 50 tys. mieszkańców), które skupiają się nad poprawą jakości życia swoich mieszkańców i stwarzają warunki serdecznej i gościnnej atmosfery dla osób, które odwiedzają te miasta. Przejawia się to np. w dążeniu do zmniejszania ruchu samochodowego na rzecz ciągów spacerowo-rekreacyjnych czy m.in. ograniczaniu budowy wielkopowierzchniowych centrów handlowych lub restauracji typu *fast* na rzecz lokalnych sklepów, lokali gastronomicznych itp. [Wiśniewska 2012]. Polskie miejscowości, które przystąpiły do międzynarodowej sieci *Cittàslow* charakteryzują się bogatą przeszłością oraz położone są na terenach cennych przyrodniczo, co daje im podstawy do rozwoju funkcji turystycznej nakierowanej na świadomego turystę realizującego program *slow.* Obecnie w Polsce do sieci przystąpiło 38 miejscowości, w tym jedna nie będąca miastem, z czego 28 położonych jest w województwie warmińsko-mazowieckim [Kaczmarek i Kaczmarek 2024].

Charakterystyka województwa podkarpackiego w kontekście slow turystyki

Województwo podkarpackie ma duży potencjał do rozwoju *slow tourism*, bowiem charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem przyrodniczo-kulturowym, który wynika ze znacznego odsetka powierzchni chronionych (44,9%), dużej lesistości (38,3%) oraz niskiego zurbanizowania terenu (41,6%) [Rocznik Statystyczny 2023]. Dla lepszej identyfikacji produktu turystycznego województwo podkarpackie zostało podzielone na pięć krain turystycznych: Bieszczady, Beskid Niski, Roztocze Południowe, Dolina Sanu i Wisły, Rzeszów – miasto i region, w których ruch turystyczny, jak wynika z przeprowadzonego audytu odbywa się sezonowo [Szpara i in. 2023]. Sezonowość jest wynikiem umiarkowanej atrakcyjności turystycznej obecnych tu gmin wiejskich i miejsko-wiejskich [Stec 2017]. Podkarpacie może pochwalić się dobrze rozbudowaną i oznakowaną siecią tras pieszych i rowerowych prowadzących przez najciekawsze pod względem przyrodniczym, historycznym oraz kulturowym miejsca regionu. Słabo wykorzystane są natomiast walory zasobów wodnych województwa, szczególnie rzeki San. Baza noclegowa jest zróżnicowana pod względem lokalizacji i standardu, nie mniej jednak Podkarpacie można zaliczyć do czołowych w Polsce pod względem liczebności obiektów indywidualnego zakwaterowania, w tym gospodarstw agroturystycznych [Kruczek i in. 2019].

Ważną cechą Podkarpacia jest „jakość życia" na tym obszarze. Znajdują się tu istotne dla spowolnienia turystyki tereny produkcji i przetwórstwa żywności najwyższej jakości biologicznej i zdrowotnej oraz przemysł związany z infrastrukturą ochrony środowiska i pozyskiwania energii odnawialnej. Ponadto województwo podkarpackie należy do najbezpieczniejszych regionów w Polsce (mieszkańcy województwa nie odczuwają zagrożenia w miejscu zamieszkania, niska liczba przestępstw stwierdzonych, wysoki wskaźnik wykrywalności sprawców) i największym odsetkiem osób długowiecznych (średni wiek w regionie dla kobiet to 82,8, dla mężczyzn – 75,1 lat) [Wiodące … 2016].

Turystyka slow realizowana w województwie podkarpackim – studia przypadków

Podkarpacka oferta turystyczna oparta na założeniach *slow tourism* została przygotowana przede wszystkim przez drobnych przedsiębiorców: właścicieli obiektów noclegowych i gastronomicznych oraz lokalne stowarzyszenia. Z analizy oferty agrokwater zlokalizowanych na terenach wiejskich województwa podkarpackiego [Wykaz gospodarstw … 2024] wynika, że gospodarstwa agroturystyczne utożsamiające się z ideą *slow* mają

szczegółowo opracowane strony internetowe, pozwalające na uruchomienie wyobraźni i próbę zatrzymania turysty w danym gospodarstwie. Poza szczegółowym opisem bazy noclegowej, przedstawiane są atuty miejsca, takie jak lokalizacja na uboczu wsi, często pod lasem, bez bliskiego kontaktu z innymi zabudowaniami stałymi, czy też możliwość bezpośredniego obcowania z naturą. Ponadto właściciele tych obiektów zamieszczają informacje o sobie. Podkreślają, że cechują się otwartością oraz posiadają różnorodne uzdolnienia oraz umiejętności, którymi chętnie podzielą się z turystami. Pojawiają się oferty związane ze zjawiskiem turystyki społecznie zaangażowanej, w której szczególnym produktem rynku doznań jest dzielenie się wiedzą i wolnym czasem. Ciekawymi przykładami są: Siedlisko Kalpapādy, Gospodarstwo Agroturystyczne Międzyczas, Maciejówka, Ptasie Radio Brzozów, Chutor Gorajec.

Burmecha-Olszowy [2014] oraz Gralak i Kacprzak 2021] zauważyli, że właściciele wiejskiej bazy noclegowej, którzy przygotowali rozbudowaną ofertę pobytową, mocno podkreślają w social mediach swoje atuty związane z lokalizacją i dodatkowymi aktywnościami oraz podążaniem za nurtem *slow*.

Siedlisko Kalpapādy [Krzeszewski 2024] to przykład gospodarstwa, w którym odpoczynek w domku z kostek słomy i gliny można połączyć z doświadczaniem pracy jako wolontariusz w ogrodzie prowadzonym metodą permakulturową lub realizować turystykę opartą o przygotowywanie przez turystę przetworów warzywnych i owocowych Wiele emocji może przynieść rozmowa z właścicielem, którego jak sam o sobie pisze „misją, jest życie w trybie „slow", bazowanie głównie na lokalnych zasobach naturalnych, dobra zabawa poprzez majsterkowanie i eksperymenty oraz świadczenie usług projektowania zrównoważonych siedlisk ludzkich i społeczności, by odwrócić degeneratywny trend energożernej, konsumpcyjnej cywilizacji".

Ptasie Radio Brzozów [Wegańska agroturystyka… 2024] to agroturystyka w starym domu z bali położonym na obrzeżach małego podkarpackiego miasteczka Brzozów. W okolicy nie ma bezpośrednich sąsiadów, a gościom, oprócz ciszy i spokoju, właściciele zapewniają domowe jedzenie, oparte na produktach roślinnych. Do dyspozycji gości jest sauna z widokiem na las oraz kąpiele z lokalnych ziół.

Ofertę dom gościnnego na Roztoczu „Chutor Gorajec" [Chutor … 2024] wyróżnia zarówno bogactwo w elementy doświadczeń eskapistycznych i estetycznych jak też doznań artystycznych poprzez organizację raz w roku imprezy o nazwie Folkowisko.

Dla miłośników górskich pieszych wędrówek atrakcją turystyczną w nurcie *slow* znaną z przekazu lub osobistego doświadczenia jest Dom Pracy Twórczej Chata Socjologa na Otrycie prowadzony przez Stowarzyszenie Klub Otrycki [Roman i in. 2020]. Jest to nietypowe, miejsce noclegowe, bez prądu, bieżącej wody oraz gazu. Każdy Gość jest także współgospodarzem. Trzeba przynieść wodę z ujęcia, drewno na opał i jedzenie. Spanie jest na drewnianych pryczach i gąbkowych materacach, we własnym śpiworze, mycie w misce, gotowanie na kuchni opalanej drewnem. Pobyt w Chacie Socjologa to wielka przygoda i spotkanie z naturą oraz ciekawymi ludźmi. Przy Domu Pracy Twórczej Chata Socjologa znajduje się, najwyżej położone publicznie dostępne Obserwatorium Astronomiczne. Obszar pasma Otrytu należy do najciemniejszych, najmniej zanieczyszczonych światłem obszarów w Europie. Dlatego powstała tu unikatowa atrakcja – Park Gwiezdnego Nieba. Powołanie Parku miało na celu propagowanie ochrony środowiska nocnego w zakresie ochrony przed sztucznym, nadmiernym światłem oraz promocja turystyki astronomicznej i ekologicznego rozwoju regionu. W ramach działalności Parku turystom oferowane są astropokazy, podczas których uczestnicy mogą obserwować księżyc, planety, Drogę Mleczną, obiekty głębokiego nieba [Pokazy … 2024].

Od 1 maja 2021 roku Lasy Państwowe dla osób realizujących turystykę związaną z nietypowymi formami aktywności terenowej, np. z bushcraftem i survivalem dedykują program „Zanocuj w lesie". W lesie, na obszarach ciekawych przyrodniczo zlokalizowane są miejsca do rozbicia namiotu i biwakowania. W jednym miejscu może nocować maksymalnie dziewięć osób, przez nie dłużej niż dwie noce z rzędu, w innym przypadku fakt ten należy zgłosić mailowo na adres danego nadleśnictwa. W województwie podkarpackim program realizowany jest na terenie 26 nadleśnictw będących w gestii Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krośnie. Szczegóły dotyczące lokalizacji wyznaczonych miejsc wraz z wizualizacją ich na mapie oraz regulamin korzystania z obszarów objętych programem, znajdują się na stronach internetowych wszystkich nadleśnictw, w zakładce Turystyka - Pomysł na wypoczynek [Program … 2024].

Glamping to współczesna moda kulturowa w dziedzinie turystyki zrównoważonej i organizacji wolnego czasu. Termin ten stanowi połączenie angielskich słów glamorous (efektowny, wytworny, czarujący, reprezentacyjny, prestiżowy) oraz camping – obozowanie, biwakowanie, kemping. Taka forma spędzania wolnego czasu z założenia stanowi spełnienie marzenia o przyjemnym wypoczynku na łonie natury, lecz bez niedogodności z nim związanych. Glamping to zazwyczaj ekskluzywne namioty, jurty tureckie i mongolskie, tiny house, domki na drzewach, na wodzie, domki kopułowe i wiele więcej nietypowych obiektów idealnych na wypoczynek [Zdrowicka-Wawrzyniak 2024].

Województwo podkarpackie to przestrzeń, w której zlokalizowanych jest wiele obiektów spełniających definicję glampingu, a ich rezerwacji można dokonać bezpośrednio u właścicieli lub poprzez elektroniczne platformy sprzedażowe, m.in. AlohaCamp [Zrelaksuj … 2024], Błogo [Urlop … 2024]. Często nazwy tych kwater nawiązują do natury, spokoju, medytacji: Forrest Glamp, Lokum Absolutnie Spokojne, Mononoke, Pod Gwiazdami. Ponadto właściciele tych obiektów przedstawiają się jako osoby będące zwolennikami wypoczynku w środowisku naturalnym, z dala od zgiełku aglomeracji miejskich, którzy swoją pasją chcą dzielić się z osobami odwiedzającymi. Z analizy ofert wynika, że dla zapewnienia komfortu wypoczynku w duchu spowolnionej turystyki utworzone miejsca cechuje:

- kameralność poprzez pobyt w jednym czasie ograniczonej liczby osób, np. jednej rodziny lub nielicznej grupy zaprzyjaźnionych osób;
- lokalizacja w miejscach odosobnionych, często z widokiem na otwartą przestrzeń lub dostępem do zasobów wodnych (rzeki, stawu, itp.);
- możliwość korzystania z sauny, jacuzzi, obcowania z zwierzętami domowymi, wypożyczenia sprzętu rekreacyjnego (np. rowerów), jak również uczestnictwa w różnego typu warsztatach (np. rękodzieła, zielarskich, jogi).

Za flagowy produkt turystyczny zawierający zasady *slow* i zrównoważonego rozwoju należy uznać Centrum Bieszczadzkich Smaków Ursa Maior w Uhercach Mineralnych, założone w 2013 roku, które mieści Bieszczadzką Wytwórnię Piwa Ursa Maior – lokalny mikrobrowar rzemieślniczy, Bieszczadzką Wytwórnię Octu Ursa Maior, sklep z produktami regionalnymi Esencja Karpat oraz trzypoziomową salę Ursa Maior Gallery z Domem Aukcyjnym [Ursa … 2024]. Właściciele opisując ten obiekt podkreślają, że poza miejscem wytwarzania piwa rzemieślniczego są centrum sztuki, kreatywności i designu. Piwne etykiety o nietypowym kształcie i szacie graficznej tworzonej przez bieszczadzkich artystów podkreślają lokalny charakter mikrobrowaru. W sklepiku „Esencja Karpat" prowadzonym przy browarze można nabyć obok piwa, plakaty, legendarne krówki piwne, czekolady z chmielem i słodem, powidła śliwkowe z piwem Deszcz w Cisnej, rzadko występujące odmiany miodów, octy piwne, cydr z bieszczadzkich jabłek, wyroby pszczelarskie,

ceramiczne, szklane, drewniane, skrzynie wykonane z palet, itp. Właściciele browaru mocno angażują się na rzecz inwestowana w lokalne przedsięwzięcia, skupiające się na ochronie i promocji walorów Bieszczad. Wspierają inicjatywy z zakresu kultury, środowiska naturalnego, historii i biznesu cechujące się szacunkiem dla ludzi i przyrody. Wokół browaru założona jest dzika łąka, stary sad owocowy, stanowiska regeneracji gleby, i wiele innych enklaw siedliskowych. Przy budynku znajduje się dwie ekologiczne, ogrodowe oczyszczalnie ścieków oraz systemy gromadzenia wody deszczowej. W obiekcie założono elektrownię fotowoltaiczną, która pokrywa zapotrzebowanie na energię elektryczną zużywaną przez część produkcyjną browaru. Symbolika znaku Ursa Maior ma wiele znaczeń, ale dwa podstawowe skojarzenia to niebo i niedźwiedzica. Nawiązanie do gwiazdozbioru Wielkiej Niedźwiedzicy ma oznaczać duże przywiązanie właścicieli browaru do bieszczadzkiego nieba, które jest piękne i ciemne jak nigdzie na świecie.

Na terenie województwa podkarpackiego, szczególnie w sezonie wakacyjnym organizowane są liczne imprezy promujące jednocześnie wypoczynek w bliskim kontakcie z przyrodą oraz integrację z lokalną społecznością. Od kilku lat Lokalna Grupa Działania „Zielone Bieszczady" organizuje imprezę pt. „Połączą nas dary ziemi" obejmującą wspólne grzybobranie (pod opieką leśników i klasyfikatorów z Sanepidu), zawody o miano „Grzybiarza roku", rajd Nordic Walking, spacer i warsztaty ziołowe, stoiska promocyjne przedsiębiorstw społecznych, kiermasz domowych przetworów oraz degustacja dań z lasu i łąki. Wśród licznych atrakcji organizatorzy przewidują występy zespołów muzycznych, konkursy, gry i zabawy dla dzieci i dorosłych [Połączą … 2024].

IV. PODSUMOWNIE

Opisane w artykule przykłady realizacji usług turystycznych w nurcie *slow tourism* stanowią przykład poszukiwania nowych form wypoczynku z uwzględnieniem uważności w przestrzeni ochrony środowiska oraz innych aspektów realizowania trwałego rozwoju na Podkarpaciu. Można o nich także powiedzieć, że zachęcają do mniej agresywnej środowiskowo rozrywki i wypoczynku. W takim razie przyczyniają się do retardacji negatywnych przemian w środowisku przyrodniczym i społeczno-kulturowym. W wyszukiwarce sieciowej Google.com. w nurcie *slow tourism* w pierwszej kolejności pojawiają się oferty wiejskiej bazy noclegowej wzbogacone o atrakcje związane z delektowaniem się przyrodą, dające możliwość regeneracji ciała i psychiki, także w oparciu o zróżnicowane diety. Warto przyjrzeć się tym ofertom, podobnie jak przykładom pieszych i rowerowych szlaków turystycznych, krótko i długodystansowych, biegnących przez piękne zakątki Podkarpacia. Należy także podkreślić, że zarówno w dokumentach strategicznych dotyczących turystyki województwa podkarpackiego jak i w aktualnej ofercie turystycznej przedsiębiorców prywatnych, propozycji produktów autentycznych, wiarygodnych oraz ukierunkowanych na zrównoważoną turystykę (takich np. jak Park Gwiezdnego Nieba i Centrum Bieszczadzkich Smaków Ursa Maior) jest stanowczo za mało.

BIBLIOGRAFIA

1. Burmecha-Olszowy M. 2014. Slow tourism – cechy i funkcje nowego nurtu w turystyce. Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. 45. 177-184.
2. Chutor Gorajec. 2024. [dok. elektr.: *https://www.chutorgorajec.com.* data wejścia 15.06.2024].
3. Gralak K., Kacprzak M. 2021. Trendy i kierunki rozwoju agroturystyki w kontekście ekonomii doświadczeń. Wyd. SGGW. Warszawa. ss. 134.

4. Kaczmarek U., Kaczmarek T. 2024. Geneza i przesłanki członkostwa małych miast w sieci Cittàslow. Przykłady z Niemiec, Włoch i Polski. Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna. 18(69). 215-233. https://doi.org/10.14746/rrpr.2024.69.13.
5. Karczewski E. 2013. Wpływ aktywności turystycznej na równowagę duchową i zdrowie człowieka. Zeszyty Naukowe. Turystyka i Rekreacja. Wyższa Szkoła Turystyki i Języków Obcych. 12(2). 75-88.
6. Karczewski E. 2014. Psychologiczna wartość krajobrazu w indywidualnym doświadczaniu turystów. Zeszyty Naukowe. Turystyka i Rekreacja. Wyższa Szkoła Turystyki i Języków Obcych. 13(1). 69-81.
7. Komorowski J. 2018. Współczesne problemy ekonomiczno-społeczne turystyki masowej w miastach. Studia Periegetica. 2(22). 13-32. doi 10.26349/st.per.0022.01.
8. Kruczek Z., Nowak A., Nowak L., Zieliński M. 2019. Audyt turystyczny województwa podkarpackiego. Wyd. 2BA doradztwo strategiczne. Nysa.
9. Krzeszewski M. 2024. Siedlisko Kalpapādy. [dok. elektr.: *https://permaprojekt.pl/.* data wejścia 15.06.2024].
10. Marciniak G., Orliński K. 2016. Czas wolny jako prawo jednostki - fenomen czasu wolnego. [w:] Tanaś V., Welskop W. (red.). Kultura czasu wolnego we współczesnym świecie. Wyd. Wyższa Szkoła Biznesu i Nauk o Zdrowiu. Łódź. 349-360.
11. Nawrocka E. 2010. Rozwój turystyki i rozwój zrównoważony. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Ekonomia. 140. Gospodarka a środowisko. 87-100.
12. Niezgoda A., Markiewicz E. 2014. Slow tourism – idea, uwarunkowania i perspektywy rozwoju. Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. 46. 82-90.
13. Pokazy astronomiczne. 2024. [dok. elektr.: *https://www.gwiezdnebieszczady.pl.* data wejścia 15.06.2024].
14. Połączą nas dary Ziemi. 2024. [dok. elektr.: *https://kkes.pl/610.* data wejścia 15.06.2024].
15. Program „Zanocuj w lesie". 2024. [dok. elektr.: *https://www.krosno.lasy.gov.pl/program-zanocuj-w-lesie-.* data wejścia 15.06.2024].
16. Rocznik Statystyczny Województwa Podkarpackiego. 2023. Wyd. Urząd Statystyczny. Rzeszów.
17. Roman M., Lisiewicz K., Wielechowski M., Roman M. 2020. Determinanty rozwoju turystyki w gminie Lutowiska położonej na obszarze Bieszczadzkiego Parku Narodowego. [w:] Jalinik M., Bakier S. (red.). Obszary przyrodniczo cenne w rozwoju turystyki. Wyd. Politechnika Białostocka. 43-54. doi: 10.24427/978-83-66391-25-3_3.
18. Stec A. 2017. Znaczenie produktów turystycznych dla gospodarki regionalnej na przykładzie podkarpacia. Studia i Prace WNEIZ US. 47(3). 407-417. DOI: 10.18276/SIP.2017.47/3-32.
19. Sukiennik M. 2014. Turystyka w czasach przesytu. *Slow Travel* jako alternatywa. Turystyka Kulturowa. 3. 21-38. [dok. elektr.: *http://turystykakulturowa.org.* data wejścia 15.06.2024].
20. Szpara K., Gierczak-Korzeniowska B., Stopa M. 2023. Raport z badań ruchu turystycznego w województwie podkarpackim. Wyd. PROT, Rzeszów.
21. Urlop to bajka. 2024. [dok. elektr.: *https://blogo.pl.* data wejścia 15.06.2024].
22. Ursa Maior. Browar w Bieszczadach. 2024. [dok. elektr.: *https://ursamaior.pl.* data wejścia 15.06.2024].
23. Wegańska agroturystyka. 2024. [dok. elektr.: *https://ptasieradiobrzozow.pl.* data wejścia 15.06.2024].

24. Wilkońska A. 2016. Slow turystyka w dużych miastach – kreowanie nieśpiesznych dzielnic. Folia Turistica. 39. 199-218. doi: 10.5604/01.3001.0010.4216.
25. Wiodące branże województwa podkarpackiego – inteligentne specjalizacje regionalne. 2016. Wyd. Regionalne Obserwatorium Terytorialne, Podkarpacki Ośrodek Badań Regionalnych Urzędu Statystycznego w Rzeszowie. ss. 64.
26. Wiśniewska M. 2012. Żywność, życie i turystyka w stylu „slow". The Journal of Management and Finance. 3(2). 161-176.
27. Wójtowicz B. 2016. Międzynarodowe uwarunkowania negatywnych konsekwencji ruchu turystycznego w Krakowie. Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego. 30(4). 174-186. doi: 10.24917/20801653.354.
28. Wykaz gospodarstw agroturystycznych. 2024. [dok. elektr.: *https://podkarpackiebazarek.podrb.pl /wykaz-gospodarstw-agroturystycznych.* data wejścia 15.06.2024].
29. Zdrowicka-Wawrzyniak M. 2024. Glamping po polsku. Zeszyty Wiejskie. 411-418. https://doi.org/10.18778/1506-6541.S2024.29.
30. Zrelaksuj się naturalnie. 2024. [dok. elektr.: *https://alohacamp.com/en.* data wejścia 15.06.2024].

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SLOW TOURISM IN PODKARPACIE PROVINCE

Summary

Due to its location, natural and cultural potential and the needs of a conscious tourist for a tourist product based on the slow principles, the Podkarpackie Province may in the future be the main destination for a selected group of recipients. Currently, many owners of rural accommodation facilities are expanding their offer with attractions related to mindfulness, such as contemplation in the surroundings of nature, sauna baths, and the possibility of spending the night in the open air. The offer is diverse, which gives the prospect of participation to both customers who prefer agritourism and newer forms, e.g. glamping. In addition, there have appeared offers of socially engaged tourism, in which the tourist has the opportunity to closely interact with the host of the attraction or the local community. The examples of implementing tourist services in the slow tourism trends described in the article constitute a model for searching for a new forms of recreation that contribute to the retardation of negative changes in the natural and socio-cultural environment.

Keywords: slow tourism, accommodation facilities, tourist attraction, Podkarpackie Province, retardation

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28(1). 185-192. rok 2024

PIOTR STACHOWSKI

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, ul. Piątkowska 94 E, 60-649 Poznań, e-mail: *piotr.stachowski@up.poznan.pl*

ZBIORNIKI WODNE W MIEJSCE WYROBISK POKOPALNIANYCH

Wodny kierunek rekultywacji zazwyczaj stwarza nowe możliwości ekspansji przyrody, szczególnie w obszarach o ubogiej sieci rzecznej, pozbawionej dużych naturalnych zbiorników wodnych. Nowy akwen może stać się istotnym wzbogaceniem środowiska przyrodniczego, podnosząc walory krajobrazowe, czy zwiększając bioróżnorodność. Wraz z budową zbiornika wzrasta lokalny poziom retencji, zwiększa się nawilgocenie gleb, korzystnej zmianie ulega mikroklimat przylegających obszarów. Godząc wymogi przyrodnicze z rekreacyjnymi tworzy się wielofunkcyjne zbiorniki wodne, wzmagając a czasem inicjując ruch turystyczny i ożywienie gospodarcze terenu. Taki kierunek prac staje się obecnie najbardziej pożądanym tak przez jednostki samorządu terytorialnego, jak i wymagania społeczne po dominujących w poprzednich latach kierunkach rekultywacji leśnej i rolniczej, odtwarzających warunki poprzedzające eksploatację. W pracy przedstawiono efekty wykonanych i planowanych prac związanych z rekultywacją wyrobisk pogórniczych w kierunku wodnym, na przykładzie odkrywek należących do dawnej Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów". Aktualnie łączną powierzchnię najważniejszych istniejących i planowanych zbiorników pokopalnianych ocenia się na 3710 ha. Najbardziej istotnym elementem zbiorników są zgromadzone w nich zasoby wodne. W zbiornikach gotowych wynoszą one nieco ponad 106 mln m^3 a ponad 390 mln m^3 w zbiornikach znajdujących się obecnie w końcowej fazie napełniania. Po zakończeniu rekultywacji terenów górniczych w kierunku wodnym we wszystkich byłych odkrywkach węgla brunatnego wschodniej Wielkopolski zostanie zgromadzonych ponad 900 mln m^3 wody. Nastąpi to pod koniec trzeciej dekady obecnego wieku, zaledwie około 40 lat od czasu utworzenia pierwszego zbiornika. Świadczy to o pozytywnych i rozległych zmianach hydrologicznych, które zasadniczo zmienią ukształtowanie sieci wodnej we wschodniej części Wielkopolski, co ma także znaczenie dla odtwarzania różnorodności biologicznej.

Słowa kluczowe: zbiorniki pokopalniane, jeziora antropogeniczne, zasoby wodne, rekultywacja wodna, odtwarzanie zasobów

I. WSTĘP

Charakterystyczną cechą odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego jest wyłączenie z dotychczasowego użytkowania rolnego i leśnego stosunkowo dużych powierzchni i przejęcie ich pod działalność górniczą. Dotyczy to w Polsce ponad 5 tys. czynnych kopalni pracujących na powierzchni ponad 26 000 ha, które łącznie wydobywają niemal

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.19

300 mln ton różnych kopalin i ponad 250 mln m^3 skał nadkładowych w skali roku. Jak widać, jest to istotny udział, a zgodnie z prognozami dla branży górnictwa odkrywkowego udział ten jeszcze się zwiększy. Etapem działalności górniczej, która zrekompensuje niekorzystne zmiany powodowane działalnością górniczą jest rekultywacja terenów pogórniczych. W wielu przypadkach jest to początkiem nowego, często bardziej atrakcyjnego sposobu użytkowania terenu. Zakres i skala prowadzonych rekultywacji odpowiada pozycji górnictwa odkrywkowego w polskiej gospodarce.

Przejawem zmian antropogenicznych w środowisku są przekształcenia krajobrazowe, przemiany zachodzące w stosunkach wodnych, czy też zubożenie zasobów wód podziemnych [Stachowski i in. 2013, Mocek-Płóciniak 2014]. W wyniku działalności rekultywacyjnej powstaje wiele form ziemnych, w postaci zwałowisk zewnętrznych i wewnętrznych, oraz form o dużych powierzchniach będących wyrobiskami końcowymi do zagospodarowania [Michalski 2002]. Po zakończeniu działalności górniczej powstają duże zbiorniki wodne w wyrobiskach końcowych odkrywek (ryc. 1). Jest to doskonały przykład wymiernych korzyści jakie stwarza rekultywacja w kierunku wodnym. Pogórnicze wodne zbiorniki antropogeniczne wraz z zagospodarowaniem ich otoczenia, pozwalają nie tylko na przywrócenie, ale nawet na podniesienie walorów krajobrazowo-przyrodniczych, polepszenie warunków mikroklimatycznych, a także na odbudowanie zniszczonych lokalnych ekosystemów i kształtowanie nowych (wtórnych) krajobrazów pogórniczych [Fagiewicz i Szulc 2014, Gilewska i Otremba 2015, Pietrzyk-Sokulska 2010]. Wraz z budową zbiornika wodnego wzrasta lokalny poziom retencji, zwiększa się nawilgocenie gleb, korzystnej zmianie ulega mikroklimat przylegających obszarów. Godząc wymogi przyrodnicze z rekreacyjnymi może być tworzony wielofunkcyjny zbiornik wodny co wzmaga, bądź wręcz inicjuje ruch turystyczny i prowadzi do ożywienia gospodarczego terenu. Taki kierunek prac rekultywacyjnych jest bardzo pożądany przez jednostki samorządu terytorialnego i spełnia rosnące wymagania społeczne Galiniak i in. [2014]. Wybudowany w wyrobisku końcowym zbiornik wodny wpisuje się w program małej retencji, tak ważnej dla południowo-wschodniej Wielkopolski [Stachowski i in. 2013].

Celem pracy było przedstawienie (na przykładzie terenu po odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego w Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów") koncepcji rekultywacji i zagospodarowania terenów pogórniczych w kierunku wodnym. Zabiegi te przyspieszą proces przywracania zdewastowanego obszaru pogórniczego naturalnemu środowisku i przyczynią się do wzrostu zasobów wodnych i bioróżnorodności na tym obszarze.

II. MATERIAŁ I METODA BADAŃ

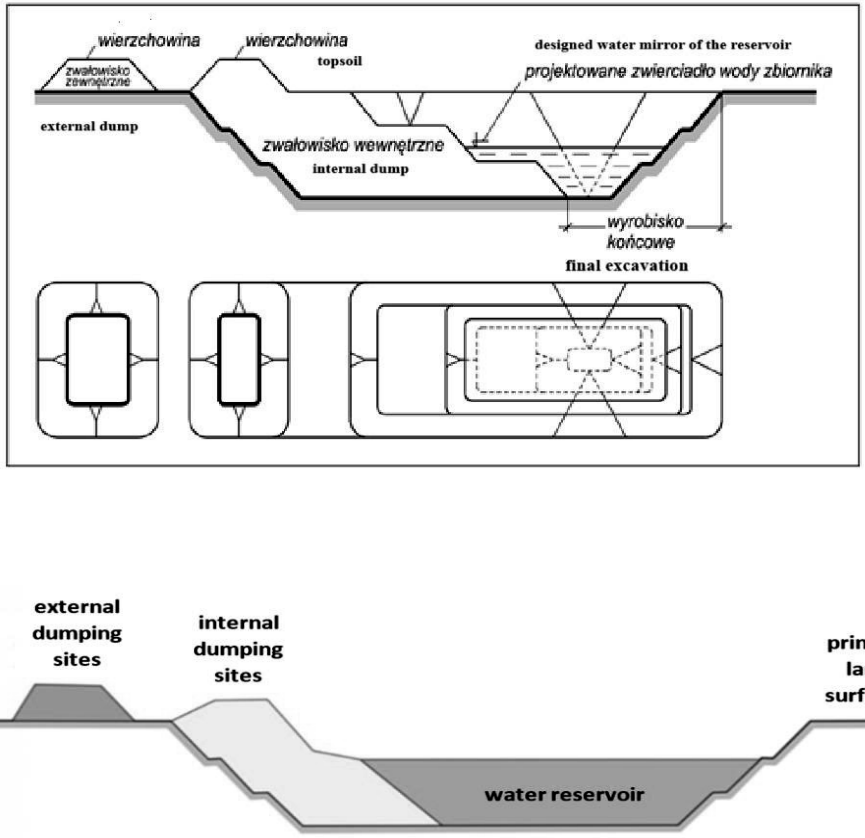
W pracy wykorzystano materiały pozyskane z instytucji związanych z KWB „Adamów", m.in. Likwidatora KWB „Adamów" ZEPAK oraz Urzędu Gminy w Przykonie. Przeprowadzona została wizja terenowa (późną wiosną, końcem lata i jesienią 2021r.), której celem było zapoznanie się ze stanem prac rekultywacji wodnej na terenie odkrywek dawnej KWB „Adamów".

III. WYNIKI

Zbiorniki wodne utworzone na terenach pogórniczych KWB „Adamów"

W wyniku działalności wydobywczej, polegającej na zdejmowaniu nadkładu i umieszczeniu go na zwałowisku zewnętrznym oraz wydobyciu węgla na potrzeby elektrowni, w końcowej fazie zazwałowania powstają znaczne niedobory gruntu wyrobiskach końcowych (rys. 1). W Kopalni „Adamów" w wyrobiskach końcowych

odkrywek, postanowiono utworzyć kilka zbiorników wodnych o różnej powierzchni i pojemności (tab. 1). Są one obecnie wykorzystywane do celów retencyjnych, rekreacyjnych, melioracyjnych, przeciwpowodziowych, a także do lokowania nakładu pochodzącego z innych odkrywek. Od początku działalności KWB „Adamów" powierzchnia gruntów zrekultywowanych w kierunku wodnym wynosiła 514 ha, w tym gruntów przekazanych i zbytych po rekultywacji wodnej było około 424 ha (rys. 1).



Ryc. 1. Zwałowisko zewnętrzne, zwałowisko wewnętrzne oraz wyrobisko końcowe
***Fig. 1**. External dump, internal dump and final excavation*

Dotyczy to czterech wyrobisk, których tereny zostały przekazane pod rekultywację wodną (Bogdałów, Władysławów, Janiszew i Przykona). Zbiorniki budowane w trakcie prowadzonej działalności górniczej, powstały w procesie wypłycania wyrobiska górniczego. Ich czasza wykonana została z gruntów zwałowych takich jak gliny, iły, mułki, piaski i żwiry. Powstały zbiorniki o głębokości kilku metrów, z łagodnie ukształtowanymi skarpami zapewniającymi ich stabilność, ale także możliwość zagospodarowania roślinnością wodną lub jako plaża. Napełnienie wodami zbiorników odbywało się w różnych okresach czasu i było uzależnione od dopływu wód. Samoistne wypełnienie może trwać od kilku do kilkunastu lat. W celu skrócenia okresu napełniania wykorzystano wody czyste, pochodzące z odwodnienia innych odkrywek.

Kopalnia przekazała zbiorniki samorządom lokalnym, które wykorzystując specyficzne warunki okolicznych terenów, przystępują do szczegółowego ich zagospodarowania we własnym zakresie.

Tabela 1 - *Table 1*

Wykaz zbiorników wodnych, które powstały po likwidacji KWB „Adamów" / *List of water reservoirs that were created after the liquidation of the Adamów Mine*

Obiekt *Object*	Data powstania *Date of creation*	Powierzchnia zwierciadła wody (ha)* / *Water surface (ha)*	Objętość (mln m^3) *Volume (mln m^3)*
Zbiornik / *Reservoir* **Bogdałów**	1994	10,8	0,60
Zbiornik / *Reservoir* **Przykona**	2001	139,7	7,3
Zbiornik / *Reservoir* **Janiszew**	2008	59,6	4,05
Zbiornik / *Reservoir* **Koźmin**	2012	108,5	6,1
Zbiornik / *Reservoir* **Głowy**	2013	63,5	17,7
Zbiornik końcowy w wyrobisku końcowym / *Final reservoir in final excevation outcrop* odkrywki / *reservoir* **Koźmin**	2020	121,0	6,1
Zbiornik / *Reservoir* **Władysławów**	2015	103,0	20,4
Zbiornik wodny w wyrobisku końcowym / *Final reservoir in final excevation outcrop* odkrywki / *reservoir* **Adamów**	2023	462,0	161,7

* powierzchnie zbiorników określono z mapy zasadniczej w skali 1:10000, a objętość uwzględniając średnią głębokość zbiornika / *the areas of the reservoirs were determined from the base map at a scale of 1:10,000, and the volume was determined taking into account the average depth of the reservoir*

Pierwszy tego typu zbiornik wodny powstał w latach 1997–2000, na terenie zwałowiska wewnętrznego odkrywki Adamów w granicach gminy Przykona. Zbiornik „Przykona" o powierzchni czaszy na poziomie górnej krawędzi skarp 168,59 ha, przy maksymalnej powierzchni zalewu 139,7 ha ma pojemność 7,3 mln m^3. Maksymalna głębokość zbiornika to 5,5 m. Na zbiorniku znajduje się wyspa o powierzchni 3,43 ha. W 2001 r. do zbiornika wprowadzono wody kopalniane z odwodnienia wgłębnego O/Adamów, dzięki czemu możliwe było skrócenie okresu napełniania zbiornika z 10 do 2 lat. Zbiornik zasilany jest wodami z rzeki Teleszyny i kanału Teleszyna-Kiełbaska oraz wodami ze zlewni własnej. Przepływowy charakter zbiornika umożliwia okresową wymianę wody i zasilanie rzeki Teleszyny Dolnej.

Kolejnym zbiornikiem wykonanym w trakcie prowadzonej działalności górniczej był zbiornik „Janiszew". Wybudowano go w 2007 r. na zwałowisku wewnętrznym odkrywki Koźmin, w granicach gminy Brudzew. Maksymalna głębokość zbiornika to 10 m. W lutym 2008 do zbiornika wprowadzono, specjalnie w tym celu wykonanym kanałem doprowadzającym, wody kopalniane z odwadniania odkrywki Adamów. Po napełnieniu zbiornika, nadmiar wody dopływającej do zbiornika będzie odpływał kanałem odprowadzającym do Strugi Janiszewskiej. Ponadto w krajobraz pogórniczy KWB „Adamów", wpisały się już terenowe osadniki ziemne, w których wody kopalniane zanieczyszczone zawiesiną mineralną i organiczną (węglową), oczyszczane są na bazie grawitacyjnej sedymentacji. Należą do nich osadnik ziemny Adamów o powierzchni 7,9 ha, zlokalizowany na

zwałowisku wewnętrznym odkrywki „Adamów", osadnik ziemny Koźmin, o powierzchni 16,2 ha, zlokalizowany w granicach gminy Brudzew; osadnik na zwałowisku wewnętrznym odkrywki w miejscowości Janiszew, powierzchni 5,38 ha, powierzchni lustra wody 5,06 ha i całkowitej pojemności 150000 m^3, osadnik ziemny o powierzchni 5,4 ha, zlokalizowany na zwałowisku wewnętrznym odkrywki Władysławów. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że osadniki nie uległy likwidacji, po zakończeniu eksploatacji węgla i stopniowej likwidacji KWB „Adamów". W przyszłości przekształcenie zostaną w użytek ekologiczny; oczka wodne. Wieloletnie funkcjonowanie osadników zamieniło już otoczenie terenu pogórniczego w naturalny ekosystem, który stał się ozdobą krajobrazu. Szczególnym przypadkiem zbiornika wodnego jest zbiornik „Bogdałów", który powstał w wyrobisku końcowym odkrywki „Bogdałów". Jest to niewielki zbiornik wodny, przeznaczony do czerpania wody do celów przeciw pożarowych. Niewielkie gabaryty zbiornika wynikają z faktu, iż pozostała część wyrobiska poeksploatacyjnego wypełniona została nadkładem z Odkrywki Koźmin. Nadkład z wykopu udostępniającego Odkrywki Koźmin transportowano na odległość około 7 km do wyrobiska odkrywki Bogdałów, o powierzchni 116 ha i głębokości 50 m. Dzięki temu zaoszczędzono 164 ha obszaru, które zostałoby przeznaczone pod zwałowisko zewnętrzne, czyli obszar wypiętrzony ponad otaczający teren. Planowane lub w trakcie realizacji są kolejne zbiorniki. Na obszarze zwałowania wewnętrznego Odkrywki Koźmin: zbiornik „Koźmin", „Głowy" i zbiornik w wyrobisku końcowym odkrywki Koźmin oraz zbiornik „Adamów". Zbiorniki te realizowane były w latach 2012-2023, zajmą łącznie 655 ha, a ich pojemność wyniesie blisko 192 mln m^3 (tab.1). Pozwolą zwiększyć zdolności retencyjne terenu z 32,3 mln m^3 dotychczas, do 225,7 mln m^3 w perspektywie do 2023 roku.

Ciekawostką jest, że przewiduje się możliwość popiętrzenia wody w zbiornikach o 0,20 m celem uzyskania stałej rezerwy powodziowej w łącznej ilości 1,502 mln m^3. Jest to o tyle istotne, gdyż łączne szacowane straty lustra wody na parowanie ze zbiorników obliczono na około 2,03 mln m^3. Po zakończeniu eksploatacji węgla ze złoża „Koźmin", w wyrobisku końcowym powstanie zbiornik końcowy. Czaszę zbiornika będą stanowiły skarpy wyrobiska a dno zbiornika spąg wyrobiska. Zbiornik ten będzie największym (121 ha) i najgłębszym (42 m) zbiornikiem na terenie odkrywki Koźmin. Pojemność zbiornika wyniesie 6,1 mln m^3. Przy poziomie wody 93,30 ÷ 93,80 m n.p.m. znajdującym się 0,2÷2,2 m poniżej terenu, możliwe będzie popiętrzenie wody w zbiorniku o 0,2 m, celem uzyskania stałej rezerwy powodziowej w ilości 0,232 mln m^3. Od 2023 roku zbiornik napełniany będzie wodami podziemnymi ze studni odwadniających, zlokalizowanych w czaszy zbiornika. Po około 2 latach napełniania, do zbiornika doprowadzone zostaną wody ze zbiornika Jeziorsko. Wody te pozwolą połączyć się z systemem wodnym rzeki Warty, ale przede wszystkim zrekompensują straty z infiltracji wód do leja depresji, które szacowane są w ilości około 0,313 mln m^3.

Po zakończeniu eksploatacji węgla ze złoża „Adamów", powstanie również zbiornik wodny w wyrobisku końcowym. Zbiornik ten o powierzchni czaszy na poziomie górnej krawędzi 502,5 ha, będzie miał objętość 161,7 mln m^3 i powierzchnię zalewu 462 ha. Podobnie jak zbiornik „Koźmin", zbiornik napełniany będzie w pierwszej fazie wodami podziemnymi ze studni odwadniających, zlokalizowanych w czaszy zbiornika. Przewidywany czas napełnienia zbiornika to 15 lat (licząc od 2024 r.). Zbiornik będzie napełniany wodami podziemnymi naturalnie migrującymi z górotworu do czaszy zbiornika i wodami ze zlewni rzeki Warty, po wyłączeniu systemu odwodnienia wgłębnego. Przewiduje się, że czas napełnienia zbiornika wyniesie od 10 do 12 lat.

Łącznie w ramach budowy 5 zbiorników wodnych na terenie KWB „Adamów", wykonane zostaną jeszcze 4 jazy, 7 mnichów i 3 przepusty z piętrzeniem oraz kilometry doprowadzalników i odprowadzalników. Harmonogram rzeczowo-finansowy inwestycji opiewał na kwotę 14.509.512 zł i podzielono go na 5 etapów, obejmujących nie tylko budowę samych zbiorników, lecz także infrastruktury wodno-melioracyjnej, niezbędnej do ich właściwego funkcjonowania. W związku z prowadzonymi pracami górniczymi sieć hydrograficzna w rejonie KWB „Adamów" uległa znacznemu przeobrażeniu. Przełożono koryta rzek poza granice terenu objętego eksploatacją węgla i przebudowano je dostosowując przekroje do przyjęcia dopływów wód kopalnianych. Wybudowano nowe rowy i kanały pracujące w systemie odwodnienia kopalni. Wszystkie powstałe oraz planowane zbiorniki wodne („Przykona", „Janiszew", „Koźmin", „Głowy", „Adamów", „Koźmin Końcowy", „Władysławów"), będą nowymi trwałymi elementami krajobrazu i sieci hydrograficznej, sprzężonym z systemem zlewni rzeki Warty. Ochrona i rekultywacja wodna środowiska zdewastowanego przez górnictwo dotyczy również Śląska. Tym bardziej, że obszar ten cechuje się brakiem naturalnych jezior. Zostały stworzone ekosystemy limniczne (zbiorniki wodne), które również są wyłącznie pochodzenia antropogenicznego. Wyróżnia się na tym obszarze trzy zasadnicze typy tych zbiorników: zbiorniki zaporowe, o głębokości maksymalnej 1,5-18 m, zalane wyrobiska kopalń piasku, głębokość maksymalna 6-23 m oraz zapadliska na terenie szkód górniczych o głębokości maksymalnej 2-8 m. Ich ogólna ilość wynosi około 1200. Największe z nich to: Goczałkowickie (3200ha), Dzienkowice (730 ha), Dzierzno Duże (650 ha), Kuźnica Warężyńska (560 ha), Kozłowa Góra (540 ha) i Rybnicki (450 ha). Podobnie jak w dawnej KWB „Adamów", stanowią one wartościowe elementy krajobrazu, jako przede wszystkim rezerwuary wody, elementy przyrodotwórcze i obiekty rekreacyjne w szerokim rozumieniu tego określenia [Kostecki 2024].

Oddziaływania krajobrazotwórcze antropogenicznych zbiorników wodnych na terenie KWB Adamów

Na obszarze Powiatu Tureckiego, gdzie brakuje jezior o szczególnych walorach przyrodniczo-krajobrazowych, zwiększy się udział zbiorników wód w ogólnej powierzchni powiatu [Orlikowski i Szwed 2009]. „Nowe" jeziora antropogeniczne przyczynią się do poprawy mikroklimatu terenów pogórniczych i będą korzystnie oddziaływać na powstające w wyniku zabiegów rekultywacyjnych użytki rolne i leśne. Zapewnią też retencję do celów nawadniania przyległych terenów rolniczych i pozwolą na zmniejszenie strat gospodarczych i przyrodniczych powodowanych podtopieniami. Umożliwią rekreację mieszkańcom okolicznych miejscowości ubogich w wody. Zbiorniki pogórnicze, formowane w trakcie prowadzonej działalności górniczej, doskonale wpisują się w Program Małej Retencji, tak ważnej dla południowo-wschodniej Wielkopolski. Powyższe przykłady istniejących i planowanych zbiorników wodnych są najlepszym dowodem na słuszność podejmowanych decyzji o wodnym kierunku rekultywacji. Budowane zbiorniki wodne mogą poprawić szeroko rozumiany problem gospodarki wodnej; służyć do nawodnień rolniczych i do ochrony przeciwpowodziowej, stanowić bazę rekreacyjną dla mieszkańców oraz siedliska dla „nowo tworzonej" fauny i flory. W zbiornikach może być gromadzona woda, pochodząca z odwodnienia odkrywek czy wyrobisk, dzięki czemu nie będzie bezpowrotnie tracona. Zbiorniki stały się atrakcyjnym miejscem zarówno dla rozwoju roślin, jak również stanowią siedlisko dla wielu gatunków zwierząt, a szczególnie ptaków oraz ryb. Zwiększyło to walory akwenu oraz otaczającego go obszaru. Tereny zagospodarowane przez kopalnie „Adamów" zaczęły przyciągać turystów i przyczyniły się do rozwoju rekreacji. Powstały tu kąpieliska,

piaszczyste plaże i miejsca wypoczynku. Sposób zagospodarowania wodnych terenów pogórniczych stał się atrakcyjnym i oczekiwanym kierunkiem rekultywacji terenów pogórniczych KWB Adamów. Na przykładzie realizacji tych zbiorników wodnych można stwierdzić, że górnictwo odkrywkowe nie musi być już postrzegane jako gałąź przemysłu dewastująca otaczające środowisko, a wręcz przeciwnie, po rekultywacji wodnej i utworzeniu nowych akwenów, tworzy nowy, wielofunkcyjny krajobraz. Traktowanie rekultywacji jako inwestycji może przynieść korzyści kopalni i na rzecz całego regionu. W regionie wschodniej Wielkopolski o ogromnym deficycie wody, znaczenie gospodarcze i przyrodotwórcze tych ekosystemów jest znaczne. Jednocześnie utrzymujące się ciągle silne oddziaływanie antropopresji sprawia, że wymagają one stale administracyjnych oraz technicznych zabiegów ochronnych.

IV. PODSUMOWANIE

Na terenach poeksploatacyjnych zlikwidowanej KWB Adamów, zbiorniki wodne powstałe w ramach rekultywacji wodnej wyrobiska końcowego odkrywek pozostaną trwałym obiektem hydrologicznym. Są modelowym przykładem wykorzystania możliwości technicznych kopalni w innowacyjnym podejściu do kształtowania krajobrazu na terenach poeksploatacyjnych. Są także przykładem współpracy samorządu oraz zakładu górniczego w zakresie rewitalizacji terenów pogórniczych. Stają się nowym, coraz częściej spotykanym elementem krajobrazu na terenach poeksploatacyjnych w górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego. W związku z postępem robót górniczych, niekorzystnym bilansem mas ziemnych, a także zbliżającym się terminem zakończenia eksploatacji węgla we wszystkich zagłębiach górnictwa węgla brunatnego w Polsce, wyrobiska poeksploatacyjne będą najczęściej zagospodarowywane jako zbiorniki wodne. Powstanie akwenów antropogenicznych w wyrobiskach poeksploatacyjnych będzie sukcesem branży górnictwa odkrywkowego w praktyce sozologicznej. Wodny kierunek rekultywacji w KWB Adamów jest inwestycją w przyszłość regionu, gdyż znacznie zwiększył powierzchnię wód otwartych oraz przyczynia się do wyrównania przepływu wód w tym obszarze. Wszystkie powstałe oraz planowane zbiorniki wodne („Przykona” i Janiszew”, „Koźmin” i Głowy”, „Adamów”, „Koźmin Końcowy” i „Władysławów”) będą nowymi trwałymi elementami krajobrazu i sieci hydrograficznej, sprzężonymi z systemem zlewni rzeki Warty. Powyższe działania przyczyniają się do wzrostu zasobów wodnych i odtwarzania zasobów bioróżnorodności na opisywanym obszarze.

BIBLIOGRAFIA

1. Galiniak G., Polak K., Różkowski K., Kazanowska-Opala K., Pawlecka K. 2014. rekultywacja wodna jako czynnik determinujący sukces branży górnictwa odkrywkowego w praktyce sozologicznej. Przegląd Górniczy. 10. 122-127.
2. Gilewska M., Otremba K. 2015. Funkcje obiektów hydrologicznych na terenach poeksploatacyjnych odkrywki „Władysławów”. Ecological Engineering. 44. 104-108.
3. Fagiewicz K., Szulc M. 2014. Wpływ eksploatacji węgla brunatnego na strukturę przestrzenną i funkcjonowanie systemów krajobrazowych na przykładzie odkrywki Władysławów. Przegląd Górniczy. 7. 40-157.
4. Kostecki M. 2024. Śląskie jeziora – o potrzebie ochrony i rekultywacji. Materiały konferencji „Niebieski ład - zrównoważone gospodarowanie zasobami wody. Polska Izba Ekologii - Katowice. 11-14.

5. Michalski A. 2004. Zagospodarowanie terenów pogórniczych kopalń węgla brunatnego „Adamów" S.A. w Turku i „Konin" S.A. w Kleczewie. Roczniki Gleboznawcze. tom LV. 2. 281-291.
6. Mocek-Płóciniak A. 2014. Biologiczna rekultywacja terenów zdegradowanych po eksploatacji węgla brunatnego i rud miedzi. Nauka - Przyroda -Technologie. dział Rolnictwo. tom 8. 3. 1-9.
7. Pietrzyk-Sokulska E. 2010. Zbiorniki wodne w wyrobiskach pogórniczych – nowy element atrakcyjności krajobrazu miasta Krajobraz a turystyka. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG. 14. Sosnowiec. 264-272.
8. Orlikowski D., Szwed L. 2009. Wodny kierunek rekultywacji w KWB „Adamów" SA – inwestycja w przyszłość regionu. Górnictwo i Geoinżynieria. 2. 351-361.
9. Stachowski P., Oliskiewicz-Krzywicka A., Kozaczyk P. 2013. Ocena warunków meteorologicznych na terenach pogórniczych Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego. Annual Set The Environment Protection .15. 1834-1861.

WATER RESERVOIRS IN THE PLACE OF POST-MINING EXCAVATIONS

Summary

The water direction of reclamation usually creates new opportunities for the expansion of nature, especially in areas with a poor river network, devoid of large natural water reservoirs. A new body of water can become a significant enrichment of the natural environment, improving landscape values or increasing biodiversity. Along with the construction of a reservoir, the local level of retention increases, soil moisture increases, and the microclimate of adjacent areas changes favorably. By reconciling natural and recreational requirements, multifunctional water reservoirs are created, increasing and sometimes initiating tourist traffic and economic revival of the area. This direction of work is currently becoming the most desirable by both local government units and social requirements after the dominant directions of forest and agricultural reclamation in previous years, recreating conditions preceding exploitation. The paper presents the effects of completed and planned works related to the reclamation of post-mining excavations in the water direction, using the example of open pits belonging to the former Brown Coal Mine "Adamów". Currently, the total area of the most important existing and planned post-mining reservoirs is estimated at 3710 ha. The most important element of the reservoirs is the water resources accumulated in them. In the finished reservoirs, they amount to slightly over 106 million m3 and over 390 million m3 in the reservoirs currently in the final phase of filling. After the completion of the reclamation of mining areas in the water direction, over 900 million m3 of water will be accumulated in all the former lignite open pits in eastern Wielkopolska. This will happen at the end of the third decade of the current century, only about 40 years after the creation of the first reservoir. This indicates positive and extensive hydrological changes that will fundamentally change the shape of the water network in the eastern part of Wielkopolska, which is also important for the restoration of biodiversity.

***Keywords**: post-mining reservoirs, anthropogenic lakes, water resources, water reclamation, restoration of the resources*

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 193-200. rok 2024

KAROLINA TEREBA[1], JADWIGA TOPCZEWSKA[2], GABRIELA PURCHA[1], EWELINA KOZIARA[1]

[1]SKN *AnimalEquus*, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, [2]Zakład Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, e-mail: *jtopczewska@ur.edu.pl*

KANAŁY ZAKUPU ŻYWNOŚCI A POZIOM JEJ MARNOTRAWSTWA W OPINII STUDENTÓW

Celem pracy było określenie kanałów zakupu żywności i poziomu jej marnotrawstwa wśród studentów. Badania miały charakter autorskiej ankiety. Łącznie uzyskano 199 kompletnych odpowiedzi. Analiza uzyskanych odpowiedzi pozwala na stwierdzenie, że zakupy dokonywane były głównie stacjonarnie. Nabiał był najczęściej kupowaną kategorią produktów (tak odpowiedziało ponad 40% respondentów niezależnie od miejsca zamieszkania, około 50% osób niezależnie od wieku, i blisko 50% ankietowanych niezależnie od miejsca zamieszkania podczas studiowania). Respondenci w znacznym stopniu wykorzystywali zakupioną żywność (na poziomie od 50 do 74,1%). Marnotrawstwo żywności dotyczyło tej kupowanej stacjonarnie. Edukacja w zakresie świadomych wyborów zakupowych jest kluczowa w aspekcie działań na rzecz ograniczania i spowalniania zużycia zasobów przyrodniczych.

Słowa kluczowe: produkty spożywcze, konsumpcja, marnotrawstwo, retardacja

I.WSTĘP

Preferencje dotyczące wyboru miejsc zakupów są różne, ulegają również zmianie w czasie [Kusz i in. 2017)]. Zmiany potrzeb, rosnąca liczba łatwo dostępnych źródeł informacji o produktach oraz zmiany w sektorze handlu sprawiają, że współczesny konsument ma coraz większy wpływ na kształtowanie łańcucha dostaw żywności. To właśnie on, podejmując decyzje zakupowe, wskazuje co, gdzie i kiedy chce nabywać. Żywność stanowi specyficzną kategorię produktową, ponieważ należy do artykułów pierwszej potrzeby. Jej fundamentalna funkcja związana jest z zaspokajaniem głodu oraz poprawą fizycznego i psychicznego samopoczucia konsumentów [Angowski i Domańska 2015, Nestorowicz i in. 2021]. Zachowania zakupowe są wynikiem przenikania się wielu czynników, zarówno ekonomicznych, jak i pozaekonomicznych. Decydujące są również uwarunkowania zewnętrzne jak i wewnętrzne cechy konsumenta jako jednostki. Kluczowe czynniki determinujące decyzje zakupowe obejmują aspekty kulturowe, społeczne, osobiste, psychologiczne i marketingowe [Angowski i in. 2016, Kaczorowska i in. 2018, Iwaszczuk i Szyba 2019, Nestorowicz i in. 2021]. Zmiany, jakie zaszły na przestrzeni ostatnich lat w sektorze handlu w Polsce doprowadziły do zwiększenia możliwości wyboru miejsca zakupu artykułów spożywczych przez konsumentów. Wśród dostępnych opcji znajdują się

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.20

targowiska, sklepy spożywcze, supermarkety, hipermarkety, sklepy dyskontowe, sklepy specjalistyczne, galerie handlowe, a także dynamicznie rozwijające się sklepy internetowe.

Szeroka dostępność produktów spożywczych a także działania marketingowe mogą mieć wpływ na większy w stosunku do potrzeb poziom zakupów a w konsekwencji marnowanie żywności [Nestorowicz i in. 2021]. Pod pojęciem strat i marnotrawstwa żywności należy rozumieć surowce i produkty żywnościowe, wytworzone na cele spożywcze, które nie zostały spożyte przez ludzi, a więc nie były wykorzystywane zgodnie z ich pierwotnym przeznaczeniem na każdym etapie łańcucha żywnościowego, od produkcji pierwotnej, przez przetwórstwo i dystrybucję do końcowej konsumpcji w gospodarstwach domowych. Stwierdzono, że marnotrawstwo jest skutkiem niewłaściwej dystrybucji, transportu, przechowywania i przygotowania żywności dla firm i gospodarstw domowych [Łaba i Łaba 2020, Obiedzińska 2017, Neffe-Skocińska i in. 2020, Łaba i in. 2020)]. Marnotrawstwo ma miejsce głównie w ostatnim etapie łańcucha żywnościowego, w przedsiębiorstwach spożywczych, hurtowniach, punktach sprzedaży detalicznej i w gospodarstwach domowych. W analizie przyczyn marnotrawstwa żywności często wskazuje się, że największy udział w żywności nieskonsumowanej i marnowanej przypada na produkty mięsne, pieczywo, owoce i warzywa [Drozłowska i Sobieraj 2019].

Przez wiele lat nie zwracano uwagi na problem marnotrawstwa żywności. W krajach zasobnych, oszczędzanie żywności, a także zagospodarowanie żywności nadmiarowej nie było uważane za konieczne. Według danych opublikowanych przez Parlament Europejski [Żyromska i in. 2020], łączna masa zmarnowanej żywności w łańcuchu produkcyjnym krajów UE wynosi niemal 88 milionów ton rocznie. Polska zajmuje niechlubne piąte miejsce w rankingu marnotrawienia żywności, osiągając wskaźnik 247 kg na mieszkańca rocznie. Przed Polską znajduje się jedynie Holandia (541 kg/osobę/rok), Belgia (345 kg/osobę/rok), Cypr (327 kg/osobę/rok) oraz Estonia (265 kg/osobę/rok) [Tarczyńska 2021]. W przeliczeniu na jednego mieszkańca UE, oznacza to prawie 173 kilogramy żywności w ciągu roku [Mitka 2020]. Największy odsetek zmarnowanej żywności, na poziomie ponad 50%, generowany jest w gospodarstwach domowych. Konieczność podjęcia działań ograniczających skalę tego zjawiska jest istotna, pozwoli bowiem na zapewnienie bezpieczeństwa żywności oraz istotne ograniczenie zużycia zasobów środowiska.

Celem pracy było określenie głównych kanałów zakupu żywności przez studentów oraz poziomu jej marnotrawstwa. Badania miały formę ankietową.

II. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badanie przeprowadzono w formie ankiety internetowej. Składała się ona z dwóch części: głównej, złożonej z 18 pytań oraz metryczki. Uzyskano kompletne odpowiedzi od 199 respondentów, w tym 134 kobiet oraz 65 mężczyzn. Najliczniejszą grupą były osoby w wieku 21-23 lata, stanowiące 44% respondentów. Przewaga kobiet była wyraźna w każdej grupie wiekowej. Spośród 199 ankietowanych 38,7% stanowili mieszkańcy wsi. Najliczniej reprezentowane były miasta o liczbie mieszkańców powyżej 150 tys. (27,1% respondentów). Jeśli chodzi o miejsce zamieszkania podczas studiowania, największą populację stanowili studenci zamieszkujący wynajmowane mieszkanie, bądź pokój (47,7%).

Zebrane dane pozwoliły na obliczenie struktury odpowiedzi z uwzględnieniem danych z metryczki. W przypadku odpowiedzi udzielonych przez respondentów z podziałem na płeć zbadano istotność różnic z wykorzystaniem testu $\chi 2$, przy poziomie istotności $p < 0,05$. Analizę statystyczną wykonano za pomocą programu Statistica 13.3 oraz Excel.

III. WYNIKI I DYSKUSJA

Kategorie produktów oraz kanały zakupu żywności przez studentów

Niezależnie od wieku respondentów, najwięcej (około 50%) decydowało się na zakupy produktów z kategorii nabiał, dużą popularnością cieszyły się również owoce (tab. 1).

Tabela 1 – *Table 1*

Preferencje respondentów dotyczące kategorii produktów najczęściej kupowanych z uwzględnieniem wieku [%] / *Respondents' preferences for most frequently purchased product categories by age [%]*

Kategoria produktów / *Product category*	Wiek respondentów (lata) /*Age of respondents (years)*		
	18-20	21-23	24-25
Nabiał / *Dairy products*	45,7	45,5	52,3
Owoce / *Fruits*	28,3	25,0	13,8
Warzywa / *Vegetables*	13,0	15,9	13,8
Mięso / *Meat*	6,5	6,8	7,7
Wędliny / *Cold cuts*	2,2	2,3	3,1
Zbożowe / *Cereals*	-	2,3	4,6
Ryby / *Fish*	-	-	1,5
Słodycze / *Sweets*	4,3	2,3	3,1

Według badań przeprowadzonych przez Krupę i Mantaj [2016], konsumenci z województwa podkarpackiego najczęściej (67,9%) decydowali się na zakupy produktów mięsnych. Kolejną grupę artykułów stanowiły wyroby piekarnicze i cukiernicze, choć ich popularność była o prawie 30 punktów procentowych niższa niż w przypadku wyrobów mięsnych. Trzecią najczęściej nabywaną grupą kategorii produktów spożywczych były produkty mleczne. W przeprowadzonych badaniach własnych stwierdzono inne priorytety konsumenckie oraz tendencje w wyborze kategorii produktów spożywczych. Może to wynikać ze specyfiki grupy badawczej. Osoby młode, studiujące, często podejmujące dodatkowo pracę i zamieszkujące poza miejscem stałego zameldowania nie przywiązują wagi do prowadzenia pełnego gospodarstwa domowego.

Przeprowadzona analiza wyników badań własnych, dotycząca kanałów zakupów wykazała, że znaczna część respondentów, niezależnie od wieku, miejsca zamieszkania i płci nie dokonywała zakupów online. Można domniemywać, że respondenci ankiety (studenci) bardzo rzadko prowadzili samodzielnie gospodarstwo domowe. Najwięcej wskazań na zakupy stacjonarne dotyczyło nabiału i owoców, natomiast w przypadku e-commerce, były to słodycze (tab. 2).

Również niezależnie od miejsca zamieszkania podczas studiowania, znaczna grupa respondentów (przekraczająca 75%), nie dokonywała zakupów artykułów spożywczych online. Wyjątek stanowili respondenci, głównie mieszkańcy akademika i wynajmowanych mieszkań, którzy zadeklarowali, że kupują online głównie słodycze. Natomiast analiza dotycząca preferencji zakupowych konsumentów stacjonarnie i pierwszeństwa wyboru odpowiedzi wykazała, iż niezależnie od miejsca zamieszkania podczas studiowania (akademik, dom prywatny, wynajmowane mieszkanie, czy pokój), najczęściej kupowanym przez respondentów produktem był nabiał (60%), następnie owoce (17% badanych) oraz warzywa (8%). Co istotne, wszyscy ankietowani zamieszkujący akademiki wskazali, że decydują się na zakupy tylko i wyłącznie stacjonarne. To sugeruje, że preferencje zakupowe mogą być związane zarówno z modelem mieszkania, jak i miejscem dokonywania zakupów

a tym samym ofertą handlową danej placówki. Ponadto wskazanie mięsa dopiero na czwartym miejscu wśród preferencji zakupowych, dodatkowo niskie miejsce produktów zbożowych, ryb oraz tłuszczy i cukrów może wskazywać na tendencje unikania tych kategorii w codziennych zakupach. Taki wybór może wynikać również z dłuższego czasu przydatności do spożycia tych produktów oraz braku potrzeby ich codziennego zakupu. W badaniach Kusz i in. [2017] najistotniejszymi kryteriami wyboru miejsca zakupu żywności były niskie ceny, atrakcyjna lokalizacja blisko miejsca zamieszkania oraz wysoka jakość produktów. W dalszej kolejności wskazane zostały: duży wybór asortymentu oraz jakość obsługi. Jako najmniej ważną wskazano opinię znajomych.

Tabela 2 – *Table 2*

Kanały zakupu produktów spożywczych z uwzględnieniem wieku respondentów [%] / *Grocery purchase channels by age of respondents [%]*

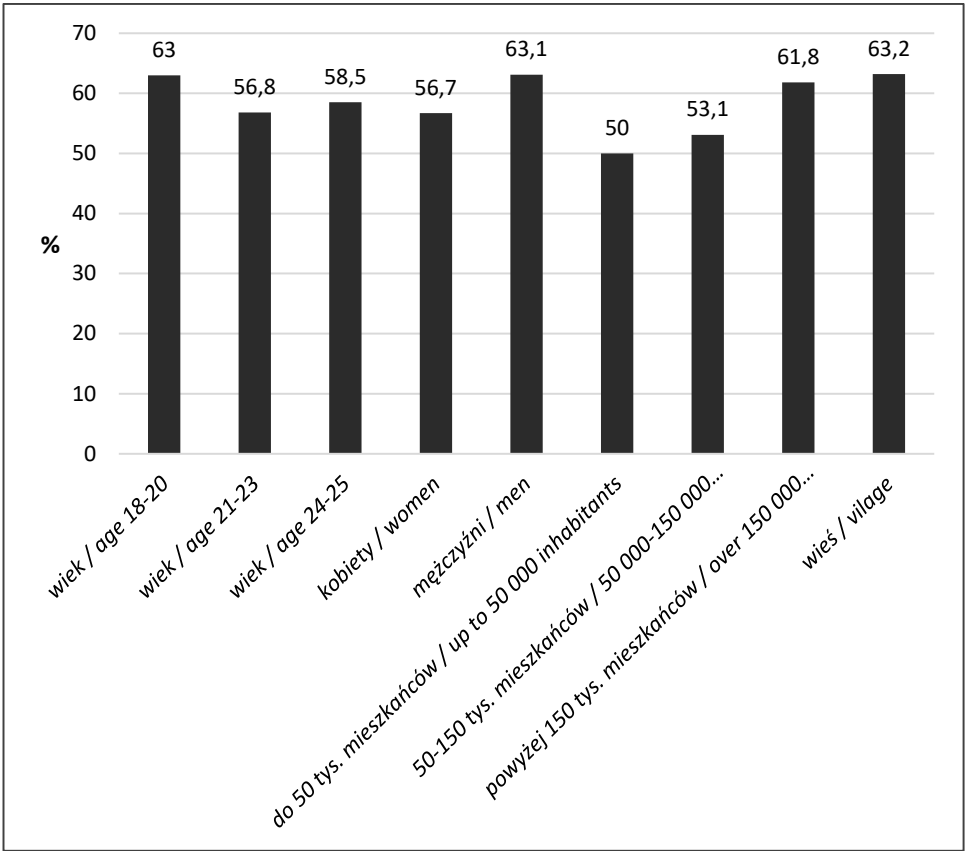
Kategoria produktów *Product category*	Wiek respondentów (lata) / *Age of respondents (years)*					
	18-20		21-23		24-25	
	stacjonarnie *stationary*	online *online*	stacjonarnie *stationary*	online *online*	stacjonarnie *stationary*	online *online*
Nabiał / *Dairy products*	54,3	2,2	64,8	3,4	93,8	-
Owoce / *Fruits*	17,4	2,2	13,6	1,1	15,4	6,2
Warzywa / *Vegetables*	8,7	-	6,8	1,1	4,6	3,1
Mięso / *Meat*	8,7	-	2,3	2,3	4,6	1,5
Wędliny / *Cold cuts*	-	-	4,5	1,1	-	1,5
Zbożowe / *Cereals*	4,3	4,0	1,1	3,4	-	4,6
Ryby / *Fish*	2,2	4,3	-	-	-	1,5
Tłuszcze / *Fats*	2,2	-	-	-	-	3,1
Słodycze / *Sweets*	2,2	6,5	2,3	10,2	1,5	15,4

Wskazania studentów w zakresie poziomu wykorzystania produktów spożywczych

W odpowiedzi na pytanie dotyczące skali zużycia zakupionych produktów spożywczych mieszkańcy terenów wiejskich, osoby w wieku 18-20 lat oraz mężczyźni w największym zakresie zużywali zakupione produkty (ryc. 1).

Różnice między kobietami i mężczyznami w zakresie zużycia zakupionych produktów spożywczych były statycznie nieistotne, co zweryfikowano tekstem $\chi 2$, ponieważ wartość p wynosiła 0,39. Uzyskane wyniki można uznać za niepokojące, zarówno pod względem skali marnotrawstwa jak również zużycia zasobów środowiska przyrodniczego (m.in. zasoby ożywione (flora i fauna), krajobraz, bioróżnorodność, wody oraz elementy funkcjonalne, które warunkują właściwe funkcjonowanie środowiska przyrodniczego, np. obieg materii i energii) [Czaja 2013]. Niestety zjawisko to jest powszechne i wynika najczęściej z braku edukacji konsumentów. Według badań Piotrowskiej-Puchały i Stasiak [2019], aż 87,2% mieszkańców Krakowa przyznało się do praktyki wyrzucania żywności. W przypadku wiejskich gospodarstw domowych, 56% respondentów zaprzeczyło temu sugerując, że nie są skłonni do marnowania żywności. Badanych zapytano również o ich świadomość dotyczącą skali marnowanej żywności na świecie i w Polsce, a także czy ta informacja skłoni ich do zmniejszenia ilości wyrzucanej przez nich żywności. Odpowiedzi 68,1% respondentów zamieszkujących miasta wskazywały, że wzrost świadomości na temat skali

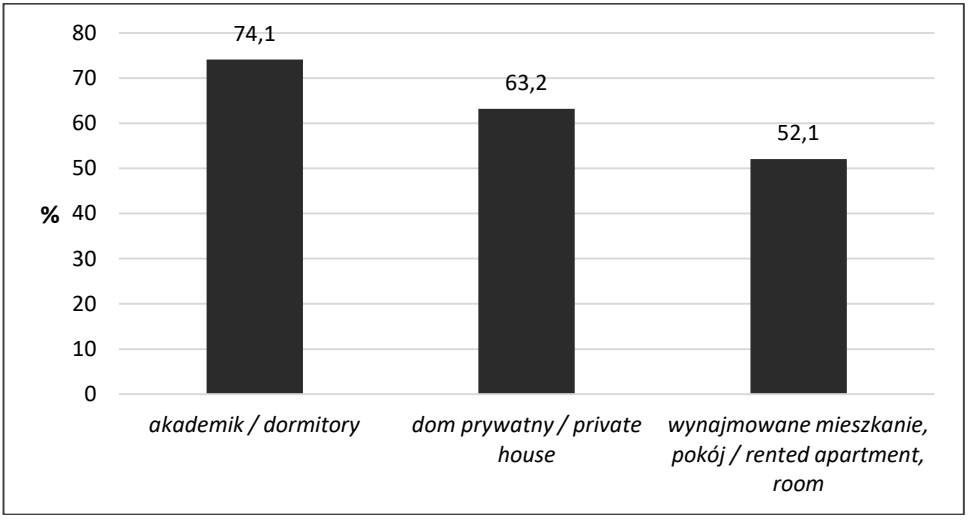
marnowania żywności może wpłynąć na zmniejszenie jej wyrzucania. Natomiast 50% badanych mieszkańców nie miało określonego zdania na ten temat [Piotrowska-Puchała i Stasiak 2019].



Ryc. 1. Deklarowany poziom zużycia produktów spożywczych przez respondentów [%]
Fig. 1. *Declared level of consumption of food products by respondents [%]*

Wykazano, że większość ankietowanych, zwłaszcza studenci zamieszkujący akademiki, deklarowali zużycie zakupionych produktów na poziomie ponad 70% (ryc. 2). Niestety, wyniki analizy wskazują znaczny poziom marnowania żywności, ponieważ osoby zamieszkujące domy prywatne czy wynajmowane mieszkania przyznało, że znaczna część nie zostaje skonsumowana. Może to wynikać z nadmiaru zakupów lub braku pomysłu na efektywne wykorzystanie zakupionych produktów.

Studenci z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie stwierdzili, że głównym uczestnikiem w ograniczaniu marnotrawstwa żywności powinni być konsumenci (wskazało tak 46,2% badanych). Kolejne odpowiedzialności w tej kwestii według respondentów powinny spoczywać na zakładach przetwórstwa żywności (15,6% wskazań), służbach państwowych (14,2%), branży gastronomicznej (8,9%), sklepach (4%) oraz rolnikach (1,8%) [Tarczyńska 2021].



Ryc. 2. Deklarowany poziom zużycia produktów spożywczych przez respondentów z uwzględnieniem miejsca zamieszkania podczas studiowania [%]
Fig. 2. *Declared level of consumption of food products by respondents according to the place of residence during their studies [%]*

IV. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zdecydowana większość respondentów, (niezależnie od przedziału wiekowego, płci, miejsca zamieszkania oraz miejsca zamieszkania podczas studiowania) głównie dokonuje zakupy produktów spożywczych w sposób stacjonarny. Interesującym zjawiskiem jest to, że najwięcej osób deklarujących brak zakupów online było w grupie wiekowej 18-20 lat. Jednocześnie największą pozycję produktów kupowanych online stanowiły słodycze. W przypadku pytania dotyczącego zużycia zakupionego produktu, można stwierdzić, że większość respondentów zadeklarowała, że zużywa ich ponad połowę. Wyróżniają się pod tym względem mieszkujący podczas studiowania w akademiku, domu prywatnym, mężczyźni, osoby w wieku 18-20 lat oraz zameldowani w miastach powyżej 150 tys. mieszkańców. Ponieważ zakupy online stanowiły znikomy procent, a kupowane w sklepach internetowych były głównie słodycze, marnowanie żywności dotyczy tej kupowanej stacjonarnie. Wydaje się, że kluczowym powinna być edukacja w zakresie świadomych wyborów zakupowych w aspekcie działań na rzecz ograniczania oraz spowalniania zużycia zasobów.

BIBLIOGRAFIA

1. Angowski M., Domańska K. 2015. Czynniki wpływające na wybór miejsca dokonywania zakupu na rynku serów żółtych na przykładzie serów długo dojrzewających. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. 41(2). 385-397.
2. Angowski M., Domańska K., Komor A. 2016. Miejsca zakupu żywności – wybór młodych konsumentów. Roczniki Naukowe Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. 18(6). 11-16.
3. Drozłowska E., Sobieraj M. 2019. Food sharing jako element ekonomii współdzielenia w kontekście marnowania żywności. Problemy Transportu i Logistyki. 4(48). 17-24.

4. Czaja S. 2013. Wybrane problemy metodyczno- metodologiczne wyceny elementów kapitału naturalnego. [w:] Graczyk A. (red.), Efektywne gospodarowanie zasobami przyrodniczymi i energii. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. 317. 271-289.
5. Iwaszczuk N., Szyba M. 2019. Wpływ wybranych informacji o produktach spożywczych na decyzje zakupowe konsumentów: badanie różnic w zależności od płci i wykształcenia kupujących. Problemy Jakości. 51(1). 23-29.
6. Kaczorowska J., Rejman K., Nosarzewska, J. 2018. Postrzeganie produktów żywnościowych oznaczonych certyfikatami spełniającymi ideę zrównoważonej konsumpcji. Handel Wewnętrzny. (2 (373). 222-234.
7. Krupa J., Mantaj A. 2016. Wybrane uwarunkowania preferencji zakupu żywnościowych produktów tradycyjnych wśród konsumentów z województwa podkarpackiego. Zeszyty Naukowe. Turystyka i Rekreacja 2(18). 57-74.
8. Kusz D., Kusz B., Sobolewski M. 2017. Czynniki determinujące miejsca zakupu artykułów żywnościowych w Polsce w opinii konsumentów. Ekonomia i Organizacja Logistyki. 2(3). 61-72.
9. Łaba S., Bilska B., Tomaszewska M., Łaba R., Szczepański K., Tul-Krzyszczuk A., Kosicka-Gębska M., Kołożyn-Krajewska D. 2020. Próba oszacowania strat i marnotrawstwa żywności w Polsce. Przemysł Spożywczy. 11. 10-18.
10. Łaba S., Łaba R. 2020. Straty i marnotrawstwo żywności w produkcji piekarsko-cukierniczej. Przegląd Piekarski i Cukierniczy. 68(03). 10-13.
11. Mitka M. 2020. Marnowanie żywności w gospodarstwach domowych w Polsce. Problems of Economics and Law. 4(1). 1-14
12. Neffe-Skocińska K., Tomaszewska M., Bilska B., Kołożyn-Krajewska D. 2020. Zachowania starszych konsumentów wobec zjawiska marnotrawstwa żywności. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 1(122). 122-136.
13. Nestorowicz R., Jerzyk E., Rogala A. 2021. Dobrostan żywieniowy a działania marketingowe na rynku żywności. [w:] H. Mruk, A. Sawicki (red.), Marketing. Koncepcje i doświadczenia. Pelplin. Wydawnictwo Bernardinum. 282-302.
14. Obiedzińska A. 2017. Wpływ strat i marnotrawstwa żywności na bezpieczeństwo żywnościowe. Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. 2017. 125-141.
15. Tarczyńska A.S. 2021. Skala marnowania żywności wśród studentów Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 2(127). 121-131.
16. Żyromska E., Bilska B., Kołożyn-Krajewska D. 2020. Wybrane zwyczaje zakupowe mieszkańców województwa łódzkiego jako przyczyna marnotrawstwa żywności. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 3(124). 143-157.

FOOD PURCHASE CHANNELS AND LEVELS OF FOOD WASTE AS PERCEIVED BY STUDENTS

Summary[4]

The aim of the study was to determine food purchase channels versus the level of food waste among students. Research took the form of an original questionnaire. A total of 199 complete responses were obtained. The analysis of the responses obtained allows us to conclude that purchases were made mainly with stationary. Dairy products were the category

of products that were purchased the most frequently, answered by more than 40% of the respondents, regardless of their place of residence, approximately 50% of the people regardless of their age, and almost 50% of the respondents regardless of their place of residence during their studies. Respondents used the purchased food to a significant extent (between 50 and 74.1%). Food waste refers to stationary purchased from food. Education on informed purchasing choices is crucial in terms of efforts aimed at reducing and retardation of consumption of natural resources.

Keywords: food products, consumption, waste, retardation

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 201-206. rok 2024

RENATA TOBIASZ-SALACH

Zakład Produkcji Roślinnej, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rzeszowski, e-mail: *rtobiasz@ur.edu.pl*

SPALANIE BIOMASY POZYSKIWANEJ Z OWSA JAKO CZYNNIK PROŚRODOWISKOWY

Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii przynosi korzyści środowiskowe. Biomasa jest jednym z podstawowych niekonwencjonalnych źródeł energii w Polsce. Spośród roślin zbożowych uprawianych w Polsce ziarno owsa może być najbardziej przydatne do wykorzystania na cele energetyczne, gdyż ma ono mniejsze znaczenie konsumpcyjne i paszowe, zaś technologia uprawy jest dobrze znana producentom. Wykorzystanie owsa na cele energetyczne jest efektywne ekonomicznie, zwłaszcza jeśli ziarno jest produkowane we własnym gospodarstwie, z wykorzystaniem własnych maszyn i technologii niskonakładowych Wykorzystanie owsa daje korzyści środowiskowe, ponieważ pozwala na ograniczenie zużycia surowców kopalnych oraz zmniejsza emisję uciążliwych gazów i pyłów do atmosfery. Dlatego też podjęto badania w celu określenia wartości opałowej ziarna i zawartość popiołu po jego spaleniu. Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że formy nieoplewione owsa są bardziej przydatne do produkcji biomasy w porównaniu do form oplewionych. Mają większą wartość kaloryczną i zawierają mniej popiołu.

Słowa kluczowe: biomasa, ziarno owsa, odmiany, energetyka, spalanie

I. WSTĘP

Intensywny rozwój przemysłu, urbanizacji, wzrost liczby ludności to czynniki powodujące stałe zwiększanie się zapotrzebowania na energię. Pozyskiwanie energii ze źródeł kopalnych przyczynia się do zanieczyszczania środowiska naturalnego. Rosnąca emisja gazów cieplarnianych, w tym dwutlenku węgla, wpływa niekorzystnie na zmiany klimatu Ziemi. Dlatego naukowcy poszukują alternatywnych źródeł energii. Jednym ze sposobów zwiększenia energii jest wykorzystanie biomasy roślinnej, która jest pozyskiwana z odpadów, produktów ubocznych lub z plonów głównych plantacji celowych. Do pozyskiwania biomasy uprawiane są gatunki wieloletnie takie jak wierzba, miskanty, ślazowiec pensylwański czy gatunki jednoroczne np. kukurydza i owies Ten ostatni gatunek, mimo iż badania nad nim jako źródła biomasy energetycznej rozpoczęto w Polsce, jest u nas wciąż niedoceniany i przeznaczany głównie na cele paszowe i żywieniowe. Znajduje natomiast coraz większe uznanie jako biomasa energetyczna w innych krajach jak Czechy czy Słowacja [Głowacka i in. 2016]. Ziarno owsa, podobnie jak i innych zbóż łatwiej jest transportować i magazynować w porównaniu do drewna czy słomy innych roślin energetycznych, zaś proces spalania jest łatwy [Janowicz 2006, Piasecka i in. 2017, Kaszkowiak i in. 2010, Kwaśniewski 2010]. Ponadto roślina ta ma małe wymagania glebowe

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.21

i może być uprawiana na terenach o niskich walorach produkcyjnych [Klima i Łabza 2010, Noworolnik i Sułek 2014, Stypczyńska i Dziamski 2005, Tendziagolska 2010, Tobiasz-Salach i in. 2016]. Przewiduje się, że w najbliższej przyszłości istotnym uzupełnieniem bilansu podaży biomasy stałej na rynku energetycznym będą jednoroczne i wieloletnie plantacje roślin energetycznych zakładane i prowadzone na gruntach rolnych, na których zaprzestano uprawy roślin konsumpcyjnych (odłogi i ugory) oraz na gruntach nieprzydatnych do uprawy roślin żywnościowych. W warunkach globalnych zmian klimatycznymi poszukuje się więc takich roślin, które mogłyby być uprawiane w zróżnicowanych warunkach pogodowych, łatwo adaptowały się do warunków lokalnych, nadawały się do zagospodarowania wszystkich terenów i jednocześnie mogły być wykorzystane w rekultywacji zdegradowanych terenów poprzemysłowych i fitoremediacji. Szczególnie przydatne są te gatunki roślin, które wytwarzając duży plon, mogą być uprawiane na glebach niskiej jakości nie konkurując z produkcją roślin przeznaczonych na cele spożywcze [Grzesik i in. 2007]. Stąd też zwiększa się zainteresowanie owsem, jako rośliny przydatnej do uprawy na terenach zdegradowanych. Innym powodem wykorzystania owsa w energetyce jest dostępność maszyn do uprawy tego gatunku. Ponadto gatunek ten w porównaniu do innych zbóż, charakteryzuje się wysoką zawartością tłuszczu w nasionach, co zwiększa jego wykorzystanie w energetyce. Uważa się, że wykorzystanie owsa na cele energetyczne jest efektywne ekonomicznie, zwłaszcza jeśli ziarno jest produkowane we własnym gospodarstwie, z wykorzystaniem technologii niskonakładowych [Głowacka i in 2016, Tobiasz-Salach i in. 2023]. Na świecie koncepcja spalania owsa jest znana do dawna. Szczególnie w krajach skandynawskich. Również w Polsce istnieje zainteresowanie pozyskiwaniem biomasy do spalania z tego gatunku zboża.

Dlatego podjęto badania, których celem była ocena wartości energetycznej 4 odmian owsa pod względem kaloryczności ziarna i zawartości popiołu po jego spaleniu.

II. METODYKA BADAŃ

Materiałem badawczym były 4 odmian owsa (oplewione – Bingo, Kozak oraz nieoplewione Siwek i Nagus). Badania polowe przeprowadzono w gospodarstwie indywidualnym w miejscowości Reczpol koło Przemyśla, natomiast laboratoryjne w Instytucie Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Rzeszowskiego, w latach 2021-2023.

W warunkach polowych doświadczenie założono w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. W latach badań odmiany owsa wysiano w I i II dekadzie kwietnia. Badania prowadzono na glebie brunatnej, wytworzonej z lessu o składzie mechanicznym utworu gleby średniej, należącej do kompleksu żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Gleba charakteryzowała się odczynem obojętnym (pH $_{KCl}$ od 5,1 do 5,9). Zawartość składników przyswajalnych w warstwie gleby 0-25 cm w mg·kg^{-1} wynosiła: dla fosforu -117,3; potasu -130,4 oraz magnezu – 39,1. Zawartość mikroelementów była na średnim poziomie i wynosiła: B – 1,2; Mn - 135,1; Cu - 3,2; Zn – 8,5 i Fe – 856. Agrotechnika była zgodna z zaleceniami uprawy dla tego gatunku. W fazie dojrzałości pełnej zebrano ziarno owsa i dosuszono do 15% wilgotności oraz pobrano materiał do analiz laboratoryjnych. W laboratorium określono wartości opałowe ziarna i zawartość popiołu.

Analizowany materiał rozdrobniono w młynie laboratoryjnym do granulacji poniżej 1 mm uzyskując w pełni homogenny materiał. Następnie z próby całkowitej przygotowano przy użyciu tabletkarki automatycznej 1 gramowe tabletki do bezpośredniej analizy wartości opałowej. Wartość opałowa wyznaczona została na aparacie do badań kalorymetrycznych LECO AC500. Ciepło spalania określone zostało w wyniku spalenia próbki w atmosferze tlenowej, w pojemniku ciśnieniowym umieszczonym w płaszczu wodnym otoczonym ze wszystkich stron, w celu

zapewnienia monitorowania wymiany ciepła. Do wywołania zapłonu próby stosowano drut o długości 8 cm. W analizie nie stosowano dodatkowych katalizatorów. Pomiar temperatury wody monitorowany był przy pomocy elektronicznego termometru, którego dokładność wynosi 0,0001°C. Wymiana ciepła była stale monitorowana przez układ pomiarowy. Na podstawie ilości wydzielonego ciepła określono wartość opałową analizowanego materiału. Zawartość popiołu oznaczono spalając materiał w piecu muflowym w temperaturze 600 ^{0}C [PN-EN 14775:2010]. Uzyskane wyniki badan opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, przy poziomie istotności $\alpha \geq 0,05$. Zastosowano test porównań wielokrotnych Tukey´a. Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 13.3.0 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

III. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Uprawa roślin energetycznych powinna obejmować jak najwięcej gatunków dostosowanych do zróżnicowanych warunków klimatyczno-glebowych. Zwiększenie różnorodności biologicznej przyczyni się do zachowania równowagi ekologicznej a przez to do ograniczenia rozprzestrzeniania się chorób i szkodników, które z łatwością atakują rozlegle monokultury rolnicze i leśne [Majtkowski 2003]. Zestaw roślin możliwych do uprawy na cele energetyczne w polskich warunkach obejmuje kilkadziesiąt gatunków ale duże nadzieje wiąże się z gatunkami zbóż i traw wieloletnich. Rośliny tych gatunków wytwarzają stosunkowo dużą biomasę, zazwyczaj korzystnie wpływają na strukturę i żyzność gleby, kształtują stosunki wodne i absorbują silnie substancje. Niektóre są dość odporne na istniejące niesprzyjające warunki środowiskowe, dobrze rozwijają się w zmieniającym klimacie oraz zmiennych warunkach pogody i gleby. Dlatego w przeprowadzonych badaniach analizowano wartość opałową ziarna owsa pochodzącego z czterech odmian (tab. 1)

Tabela 1 - *Table 1*

Ocena wartości kalorycznej ziarna owsa w zależności od odmiany [MJ kg^{-1}] / *Caloric value of oat grain depending on the cultivars [MJ kg^{-1}]*

Odmiany / *Cultivars*	2021	2022	2023	2021-2023
Bingo	18,6ab	17,2a	18,5a	17,9a
Kozak	18,2a	18,6b	18,4a	18,4b
Siwek*	19,6bc	19,3c	19,7c	19,5c
Nagus*	19,2b	19,1bc	19,4b	19,2bc
Średnia ogólna / *Total mean*	18,6AB	18,3A	18,8B	18,3

Formy nieoplewione owsa * / *naked forms of oats**

Analiza wariancji wykazała zróżnicowanie wartości opałowej badanych odmian owsa. (tab. 1) Formy nieoplewione charakteryzowały się wyższą kalorycznością w porównaniu do form oplewionych. Zależności te wykazano w każdym roku badań. Średnio w trzyletnim okresie badań najwyższą kaloryczność posiadała odmiana owsa Siwek. Jej wartość była o 8,2% wyższa w porównaniu do odmiany Bingo, co potwierdziła przeprowadzona analiza wariancji. Różnice w kaloryczności form oplewionych wykazano także pomiędzy odmianą Kozak a Bingo. Odmiana Kozak w stosunku do odmiany Bingo charakteryzowała się wyższa kalorycznością średnio o 2,8%. Przeprowadzona analiza potwierdza zatem tezę, że formy nieoplewione owsa charakteryzują się wyższą kalorycznością w porównaniu do form oplewionych. Wyższa kaloryczność owsa nieoplewionego wynika najprawdopodobniej

z wyższej zawartości tłuszczu w ziarnie. Średnia zawartość tłuszczu w ziarnie owsa wynosi około 7- 9% i uzależniona jest od warunków glebowo-klimatycznych. Formy oplewione w swoim składzie zawierają tłuszczu od 4 do 7%, zaś u form nieoplewionych, zawartość ta może wzrastać nawet do 14% w zależności od przebiegu pogody w okresie wegetacji i warunków glebowych [Biel i in. 2014, Biel i in. 2009]. Dlatego też, z energetycznego punktu widzenia, pożądane jest zwiększenie w ziarnie zawartości tłuszczu. Wykazano, że przy spalaniu jednego grama tłuszczu wydziela się dwukrotnie więcej energii niż w przypadku spalenie jednego grama białka.

W przeprowadzonych badaniach analizowano także zawartość popiołu w ziarnie po spaleniu. Ilość popiołu po spaleniu, jest cennym wskaźnikiem określającym przydatność owsa na cele energetyczne. Im niższa jego zawartość tym lepsza przydatność surowca do spalania. Wielu autorów uważa, że zawartość popiołu w biomasie jest zdecydowanie niższa niż w tradycyjnych paliwach kopalnianych, co czyni biomasę bardziej atrakcyjną do celów energetycznych [Tobiasz-Salach 2023, Bajcar i in. 2015]. Według Sadowskiej i in. [2012] ziarniaki owsa mają największą wartość ciepła spalania w porównaniu z innymi zbożami, a ich wysoka kaloryczność wynika zarówno z dużej zawartości w nich tłuszczy jak i niskiej zawartości popiołu. Podczas spalania czystej biomasy wytwarzane są niewielkie ilości popiołu, który nie zawiera szkodliwych substancji [Kwaśniewski 2010] i może być wykorzystany jako nawóz mineralny w rolnictwie [Nakonieczny i in. 2014].

W przeprowadzonych badaniach wykazano mniejszą zawartość popiołu u form nieoplewionych owsa w porównaniu do form oplewionych tego gatunku (tab. 2). Z analizowanych form oplewionych owsa bardziej przydatna do celów energetycznych okazała się odmiana Bingo, która w trzyletnim okresie badań posiadała o 32,8 % mniej popiołu niż odmiana Kozak. Wśród form nieoplewionych, odmiana Nagus uzyskała mniej popiołu w porównaniu do odmiany Siwek (średnio o 21,6%). Wyniki badań własnych są podobne do wyników innych autorów, którzy wskazują na lepsze właściwości energetyczne owsa nieoplewionego w porównaniu do oplewionego [Kaszkowiak i in. 2010, Kwaśniewski 2010, Piasecka i in. 2017].

Tabela 2 - *Table 2*

Zawartość popiołu w ziarnie owsa w zależności od odmiany [MJ kg^{-1}] / *Ash content in oat grain depending on cultivars [MJ kg^{-1}]*

Odmiany / *Cultivars*	2021	2022	2023	2021-2023
Bingo	2,63c	2,67bc	2,95c	2,75bc
Kozak	3,98d	3,42d	3,57d	3,65d
Siwek*	1,96b	2,09b	1,86b	1,97b
Nagus*	1,64a	1,56a	1,68a	1,62a
Średnia ogólna / *Total mean*	2,55AB	2,44A	2,52AB	2,50

Formy nieoplewione owsa * / *naked forms of oats*

IV. PODSUMOWANIE

Biomasa jest głównym źródłem energii odnawialnej w Polsce. Ziarno owsa jest jednym z rodzajów biomasy rolniczej, która może być wykorzystana do bezpośredniego spalania, zwłaszcza w źródłach rozproszonych. Wykorzystanie owsa na cele energetyczne jest efektywne ekonomicznie, zwłaszcza jeśli ziarno jest produkowane we własnym gospodarstwie, z wykorzystaniem własnych maszyn i technologii niskonakładowych. Wykorzystanie owsa

daje korzyści środowiskowe, ponieważ pozwala na ograniczenie zużycia surowców kopalnych oraz zmniejsza emisję uciążliwych gazów i pyłów do atmosfery. Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że formy nieoplewione owsa są bardziej przydatne do produkcji biomasy w porównaniu do form oplewionych. Mają bowiem większa wartość kaloryczną i zawierają mniej popiołu. Do pewnych jednak wad wykorzystania owsa jako źródła energii odnawialnej można zaliczyć dylematy etyczne związane z wykorzystaniem zboża nie na cele żywieniowe czy paszowe, tylko na spalanie w piecu.

BIBLIOGRAFIA

1. Bajcar M., Czernicka M., Saletnik B., Zaguła B., Puchalski Cz., Gorzelany J. 2015. Assessment of Energy Properties of Plant Biomass Pellets. TEKA. Commission Of Motorization And Energetics In Agriculture.15 (4). 3-6.
2. Biel W., Bobko K., Maciorowski R. 2009. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. J. Cereal Sci. 49. 413-418.
3. Biel W., Jacyno E., Kawęcka M. 2014. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. South African Journal of Animal Science. 44 (2). 189-197.
4. Głowacka A., Zych M, Żołnierczuk J. 2016. Środowiskowe i ekonomiczne skutki wykorzystania ziarna owsa na cele energetyczne. Inżynieria Ekologiczna. Ecological Engineering. 49.117-123. DOI: 10.12912/23920629/64513.
5. Grzesik M. Z., Romanowska-Duda M.E., Andrzejczak P., Woźnicki D., Warzecha P. 2007. Application of sewage sludge to improve of soil quality by make use of model plant energy. Acta Physiol. Plant. 29. 65-66.
6. Janowicz L. 2006. Ciepło z ziarna. Agroenergetyka. 1(15). 39-41.
7. Kaszkowiak E., Kaszkowiak J. 2010. Energetyczne wykorzystanie ziarna owsa i jęczmienia jarego. Inżynieria i aparatura chemiczna. 5. 57-58.
8. Klima K., Łabza T. 2010. Plonowanie i efektywność ekonomiczna uprawy owsa w siewie czystym i mieszanym w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 3 (70). 141-147.
9. Kwaśniewski D. 2010. Produkcja i wykorzystanie ziarna owsa jako odnawialnego źródła energii. Problemy Inżynierii Rolniczej. 3. 95-101.
10. Majtkowski W. 2003. Potencjał upraw energetycznych. Seminarium Badania właściwości i standaryzacji biopaliw stałych. EC BREC. Warszawa.
11. Nakonieczny P., Kluza P.A., Tatar G., Bródka R. 2014. Rodzaje, charakterystyka, oraz wybrane problemy eksploatacji kotłów i pieców zasilanych różnymi paliwami. Acta Scientarum Polonorum. Technica Agraria. 13(1-2). 27-40.
12. Noworolnik K., Sułek A. 2014. Agrotechnika owsa na cele paszowe i spożywcze. Studia i Raporty IUNG-PIB. 41(15). 167-180.
13. Piasecka I., Knozowski P., Ropińska P., Tomporowski A. Ignaszak P. 2017. Badanie i ocena możliwości wykorzystania na cele energetyczne rozdrobnionych ziaren zbóż wiechlinowatych. Acta Sci. Pol. Technica Agraria. 16(1-2). 47-57.
14. Sadowska U., Wcisło G., Żabiński A., 2012. Ciepło spalania ziarniaków zbóż o obniżonych cechach jakościowych. Inżynieria Rolnicza. 2(136). 1. 353-359.
15. Stypczyńska Z., Dziamski A. 2005. Struktura systemu korzeniowego i plon owsa w zależności od następczego wpływu deszczowania i nawożenia azotem. Acta Sci. Pol., Agricultura. 4 (2). 73-82.
16. Tendziagolska E. 2010. Zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby w uprawie owsa nagiego w systemie ekologicznym. Problemy Inżynierii Rolniczej. 2. 31-39.

17. Tobiasz-Salach R., Pyrek-Bajcar E., Bobrecka-Jamro D. 2016. Assessing the possible use of hulled and naked oat grains as an energy source. ECONTECHMOD. Vol. 5. 3. 35-40. ISSN2084-5715.
18. Tobiasz-Salach R., Stadnik B., Bajcar M. 2023. Oat as a Potential Source of Energy. Energies. 16. 6019. https://doi.org/10.3390/en16166019.

BURNING BIOMASS OBTAINED FROM OATS AS A PRO-ENVIRONMENTAL FACTOR

Summary

The use of renewable energy sources brings environmental benefits. Biomass is one of the basic non-conventional energy sources in Poland. Among the cereal crops cultivated in Poland, oat grain may be the most useful for energy purposes, as it has less consumption and feed significance, and the cultivation technology is well known to producers. The use of oats for energy purposes is economically effective, especially if the grain is produced on one's own farm, using one's own machines and low-cost technologies. The use of oats brings environmental benefits, as it allows for the reduction of the consumption of fossil raw materials and reduces the emission of harmful gases and dust into the atmosphere. Therefore, research was undertaken to determine the calorific value of grain and the ash content after its combustion. The results of the conducted research allow us to state that naked forms of oats are more useful for biomass production compared to hulled forms. They have a higher calorific value and contain less ash.

Keywords: biomass, oat grain, varieties, energy, combustion

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 207-214. rok 2024

JADWIGA TOPCZEWSKA[1], WANDA KRUPA[2], KATARZYNA OCHAŁEK[3], GABRIELA PURCHA[3], EWELINA KOZIARA[3]

[1]Zakład Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, e-mail: *jtopczewska@ur.edu.pl;* [2]Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki*;* [3]SKN *AnimalEquus*, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski,

OCHRONA ZASOBÓW GENETYCZNYCH KONI RASY HUCULSKIEJ ELEMENTEM OCHRONY ZASOBÓW PRZYRODNICZYCH

Celem pracy była ocena skuteczności realizacji programu ochrony zasobów genetycznych koni rasy huculskiej jako elementu zasobów środowiska. Badania obejmowały populację utrzymywaną na terenie województwa podkarpackiego. Udział klaczy huculskich reprezentujących rodziny żeńskie w Programie ochrony zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich wskazuje na dominację trzech rodzin tj. Polanka, Wydra oraz Wołga. Natomiast w przypadku rodów męskich stwierdzono niepokojące zjawisko braku kwalifikacji na ogiery – reproduktory osobników z rodów Polan i Prislop, co w dłuższym przedziale czasowym może skutkować spadkiem zmienności genetycznej. Ochrona zasobów genetycznych koni huculskich jest istotnym elementem działań na rzecz zachowania bioróżnorodności, w tym spowolnienia utraty bioróżnorodności na poziomie genowym i zużycia zasobów przyrodniczych .

Słowa kluczowe: bioróżnorodność, konie, zasoby, retardacja

I.WSTĘP

Bogactwo gatunkowe i ekosystemowe (syntaksonomiczne) jest wskaźnikiem stanu różnorodności biologicznej [de Vries 2016]. Biorąc pod uwagę aktualny stan wielu ekosystemów, będący głównie wynikiem antropopresji konieczne jest wzmocnienie działań ochronnych [Symonides 2014]. Ochrona bioróżnorodności dotyczy również zwierząt gospodarskich, ponieważ nieodpowiednie traktowanie tego składnika przyrody może prowadzić do jego utraty [Szymańska 2021]. De Vries [2016] zwraca uwagę, że kluczowym aspektem ochrony bioróżnorodności na terenie Europy są systemy rolnicze o niskiej intensywności, co pozwala na utrzymanie lub przywrócenie wysokiego poziomu bogactwa gatunków na półnaturalnych terenach, głównie trawiastych. Działania na rzecz wsparcia bioróżnorodności stanowią wyzwanie dla współczesnego rolnictwa. Jak stwierdzili Chmieliński i in. [2022], w krajach Unii Europejskiej (UE) trwa proces spadku różnorodności biologicznej wielu obszarów związanych z działalnością rolniczą. Wpływa na to, oprócz procesów intensyfikacji produkcji rolnej, również zaniechanie jakiejkolwiek działalności

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.22

rolniczej. Rezygnacja z użytkowania obszarów położonych na terenach o utrudnionych warunkach gospodarowania prowadzi do znaczącego zmniejszenia różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym [Gołębiewska i in. 2016]. Polska przyjęła zobowiązanie w zakresie aktywnego włączenia się w ochronę bioróżnorodności na wszystkich poziomach w odniesieniu do zagrożonych gatunków, co również przekłada się na konieczność wdrażania skutecznych działań w tym obszarze. Działania mające na celu ochronę gatunkową powinny być nastawione na utrzymanie równowagi gwarantującej zdrowie ekosystemów. Ochrona różnorodności genetycznej jest kluczowym elementem zachowania zdrowia ekosystemów, stabilności gatunków oraz ich zdolności do adaptacji w zmieniających się warunkach środowiskowych [Kędziora i Karg 2010].

W przypadku koni rasy huculskiej, które są cennym dziedzictwem genetycznym i kulturowym kilku krajów Europy, w tym Polski, ochrona ta nabiera szczególnego wymiaru. Rasa huculska wywodząca się z terenów Karpat, jest znana ze swojej wytrzymałości, niewielkich wymagań i umiejętności dostosowania się do trudnych warunków bytowania. Biorąc pod uwagę zagrożenia, takie jak zmiany klimatyczne, urbanizacja i zmieniające się praktyki rolnicze, rasa ta staje przed ryzykiem spadku znaczenia i liczebności a tym samym utraty unikalnego w skali Europy genotypu [Projekt „Utworzenie Polsko-Ukraińskiego Centrum Hodowli i Promocji Konia Huculskiego", 2015]. Ochrona różnorodności genetycznej jest jednym z najważniejszych aspektów współczesnej ochrony przyrody i zarządzania zasobami środowiska. Różnorodność genetyczna jest bowiem fundamentem dla zdrowia ekosystemów, odporności na choroby, a także zdolności adaptacyjnych w aspekcie zmian klimatycznych. W przypadku koni huculskich, ochrona ich różnorodności genetycznej ma kluczowe znaczenie nie tylko dla zachowania tej unikalnej rasy, ale również dla utrzymania równowagi biologicznej w ekosystemach, w których tradycyjnie te konie funkcjonują [Kario 1991, Bordzoł i Jackowski 2008, Purzyc 2007, Tomczyk-Wrona 2022].

Celem pracy była ocena skuteczności realizacji programu ochrony zasobów genetycznych koni rasy huculskiej jako elementu zasobów środowiska pod kątem spowolnienia utraty bioróżnorodności na poziomie genowym i zużycia zasobów przyrodniczych. Badania obejmowały populację utrzymywaną na terenie województwa podkarpackiego.

II. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano dokumentację hodowlaną koni rasy huculskiej zgłoszonych do Programu ochrony zasobów genetycznych koni tej rasy udostępnioną przez Okręgowy Związek Hodowców Koni (OZHK) w Rzeszowie. Wybór był podyktowany faktem, że największa liczba koni tej rasy utrzymywana jest na terenie południowo-wschodniej Polski. Ponadto region ten charakteryzuje się najbardziej optymalnymi warunkami środowiskowymi ze względu na podobieństwo do terenów kształtowania się i konsolidacji rasy. W analizie ograniczono się do informacji dotyczących populacji aktualnie objętej ochroną. W momencie składania wniosku o przystąpieniu do programu, zgodność w zakresie hodowca – właściciel klaczy, pod względem poprawności rodowodu, dokumentacji potwierdza podmiot prowadzący Księgę Główną rasy, tj. Polski Związek Hodowców Koni (PZHK). Instytut Zootechniki – PIB koordynuje całość prac związanych z ochroną zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich. Dotyczy to m.in. kwalifikacji zwierząt do uczestnictwa w realizacji programów ochrony oraz ubieganiem się z tego tytułu o płatności rolno-środowiskowo-klimatyczne. W odniesieniu do rasy huculskiej utrzymywanej na Podkarpaciu, dokonano podziału populacji uczestniczącej w programie ochrony zasobów genetycznych,

uwzględniając rody męskie i rodziny żeńskie oszacowano liczbę potomstwa, w tym wpisanego do Księgi Głównej tej rasy.

Analizę przeprowadzono w oparciu o autorski wskaźnik potencjału wzrostowego rodu lub rodziny, uwzględniając odpowiednio męskie lub żeńskie potomstwo spełniające kryteria wpisu do Księgi Głównej. Analizę statystyczną wykonano za pomocą programu Statistica 13.3 oraz Excel.

III. WYNIKI I DYSKUSJA

Liczebność pogłowia objętego ochroną zasobów genetycznych w Polsce

Według danych PZHK w 2002 roku wpisanych do Księgi Głównej było 435 klaczy huculskich, w tym samym roku licencję hodowlaną uzyskało również 80 klaczy młodych (PZHK). Przy tendencji wzrostowej w 2023 roku było to odpowiednio 1280 klaczy i 211 klaczy młodych. Jednak przystąpienie do programu jest indywidualną decyzją hodowcy, nie wszystkie klacze spełniają też kryteria udziału w programie. Analiza udziału klaczy w programie ochrony zasobów genetycznych w Polsce wykazała, że mimo nieznacznych wahań w zakresie liczby osobników objętych ochroną, utrzymana została niewielka tendencja wzrostowa [Instytut Zootechniki – PIB].

Jak podkreślają Krupiński i in. [2011], Krupiński i Polak [2018], Krupiński i in. [2018], Gruszecki i in. [2019], Lipińska i Hasińska [2020] dominującą formą ochrony zwierząt gospodarskich powinna być ochrona *in-situ*. Obejmuje ona wszystkie działania związane z utrzymaniem żywych populacji w agrosystemach, w których zostały wytworzone lub obecnie są utrzymywane. Wszechstronność i łatwość adaptacji rasy huculskiej przyczynia się do jej utrzymywania również poza typowym dla kształtowania się środowiskiem terenów podgórskich i górskich, co w konsekwencji może skutkować zmianą fenotypu. Monitorowanie różnorodności genetycznej ma kluczowe znaczenie dla zarządzania populacjami zwierząt gospodarskich, zwłaszcza w przypadku nielicznych, zagrożonych ras. Konie huculskie stanowią przykład prymitywnej, rodzimej rasy, która wymaga nie tylko działań nastawionych na zachowanie wyjątkowych cech, ale także zmienności genetycznej oraz wzrostu liczebności populacji do bezpiecznego poziomu [Krupiński i in. 2017].

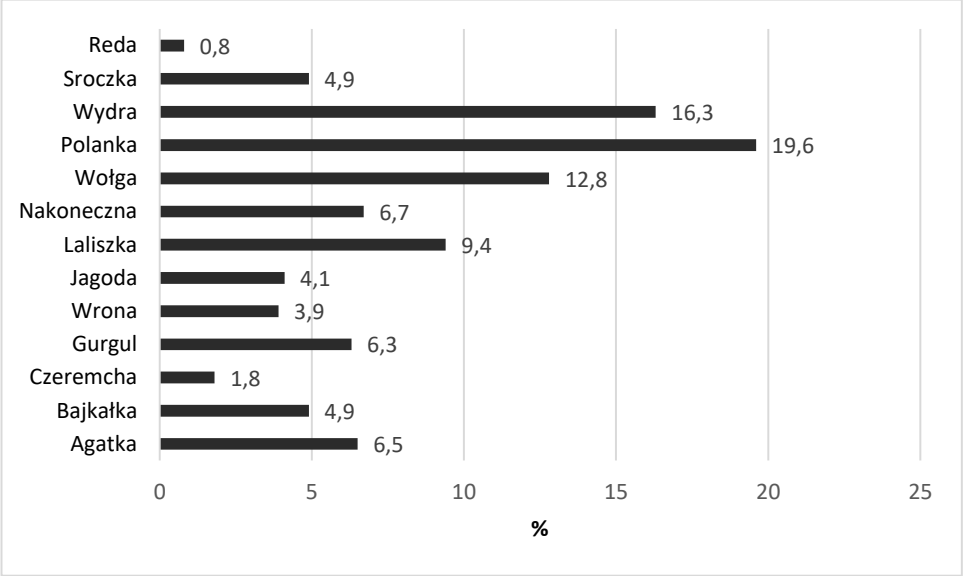
Analiza stanu populacji koni huculskich pod względem reprezentowanych linii żeńskich na terenie woj. podkarpackiego

Dokonana ocena liczebności przedstawicielek rodzin żeńskich koni huculskich objętych ochroną w ramach Programu ochrony zasobów genetycznych populacji utrzymywanej na Podkarpaciu wskazuje, że kilka wyróżniało się pod względem ich udziału. Zachowanie odpowiedniej liczebności klaczy reprezentujących wszystkie rodziny jest kluczowe dla utrzymania zmienności genetycznej rasy. Najwięcej klaczy biorących udział w programie ochrony zasobów genetycznych utrzymywanych na terenie Podkarpacia pochodziło z rodziny Polanki, było to aż 19,6%. Liczną reprezentację biorącą udział w programie stanowiły również klacze z rodziny Wydra, z udziałem 16,3%. Trzecie miejsce zajmowały klacze należące do rodziny Wołga (ryc. 1).

Wyróżniająca się liczbowo rodzina Polanki była reprezentowana przez 128 klaczy, które w latach 2000-2005 urodziły 93 sztuk potomstwa żeńskiego, z czego 31 córek zostało wpisanych do Księgi Głównej rasy. W latach 2006-2011 było to już 196 córek, a liczba wpisów do Księgi Głównej wyniosła 44. W kolejnych latach liczba urodzeń i wpisów była niższa, jednak nie zmieniło to dominacji tej rodziny.

Analiza efektywności reprodukcyjnej klaczy reprezentujących poszczególne rodziny wykazała, że prowadzona selekcja zmierzała do zachowania zmienności genetycznej poprzez

zwiększenie udziału w populacji samic z mniej licznych linii żeńskich poprzez większą liczbę potomstwa kwalifikowanego do hodowli. Najwięcej klaczy z rodziny Sekundy uzyskało wpis do Księgi Głównej rasy (ryc. 2). Biorąc pod uwagę liczbę córek od klaczy matek uczestniczących w Programie ochrony zasobów genetycznych, podobnie podjęto działania dla zwiększenia liczebności w takich rodzinach jak Reda, Sroczka, Nakoneczna, Wrona, Gurgul. Natomiast nadal nieliczną wydaje się rodzina Czeremcha pod względem żeńskiego potomstwa. Konie huculskie to rasa doskonale wykorzystująca użytki zielone. Na obszarach o utrudnionych warunkach gospodarowania, do jakich należą tereny górskie i podgórskie, obecność koni huculskich stanowi gwarancję zachowania różnorodności ekosystemów trawiastych a tym samym wysokiej bioróżnorodności [Topczewska i in. 2022].

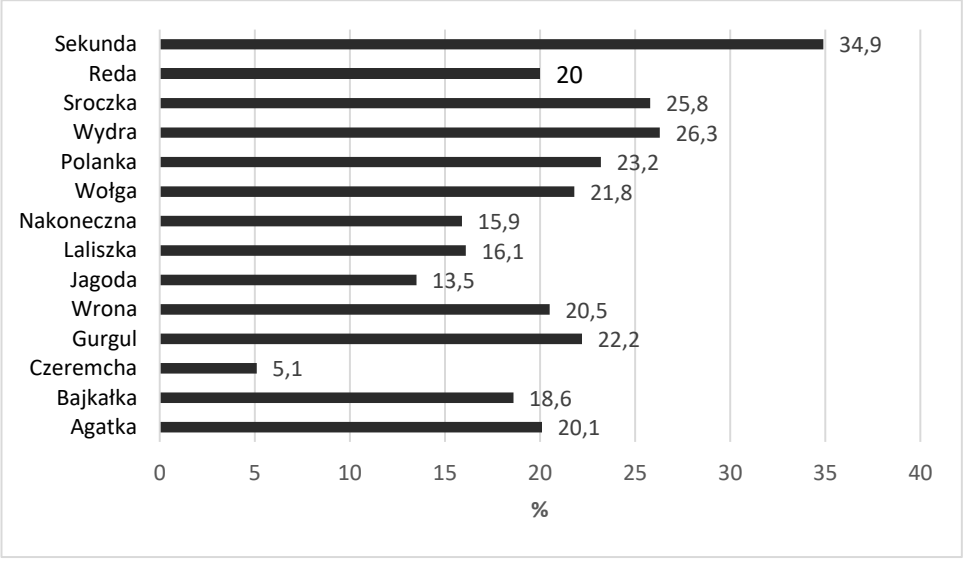


Ryc. 1. Udział klaczy huculskich reprezentujących rodziny żeńskie objętych ochroną zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich na Podkarpaciu [%] źródło: dane OZHK Rzeszów
Fig. 1. *Proportion of Hucul mares representing female families included in the protection of farm animal genetic resources in the Podkarpackie region [%] source: data OZHK Rzeszów*

Jak podkreślają Chmieliński i in. [2022], rolnictwo o niskiej intensywności oraz obecność roślinności półnaturalnej, w szczególności rozległych użytków zielonych ma decydujące znaczenie przy szacowaniu wskaźnika udziału gruntów rolnych o wysokiej wartości przyrodniczej w całkowitej powierzchni. Jako naturalne można wskazać objęcie ochroną rasy huculskiej, utrzymywanej w naturalnym dla niej środowisku terenów górskich i podgórskich, wykorzystującej użytki zielone a tym samym przyczyniającej się do zachowania cennych ekosystemów. W konsekwencji sprzyja to zrównoważonemu rolnictwu przede wszystkim pod względem jego wpływu na środowisko naturalne, krajobraz i bioróżnorodność. Jak wykazali Gruszecki i in. [2019], powiązanie programów wsparcia ochrony środowiska z utrzymaniem zwierząt trawożernych powinno być priorytetem sprzyjającym utrzymaniu różnorodności flory i fauny łąk oraz pastwisk.

Zachowanie zmienności genetycznej w obrębie rodzin żeńskich rasy huculskiej jest możliwe dzięki podjęciu działań zmierzających do uzyskania podobnej reprezentacji samic

w populacji. Przeprowadzona analiza wskazuje na zdecydowane zwiększenie liczby córek wpisanych do Księgi Głównej z takich rodzin jak Sekunda, Sroczka czy Agatka. Jednak nadal pozostają takie jak Czeremcha, Jagoda czy Nakoneczna o niewielkiej liczebności, co wskazuje na konieczność dalszych działań umożliwiających zwiększenie ich udziału w populacji (ryc. 3).



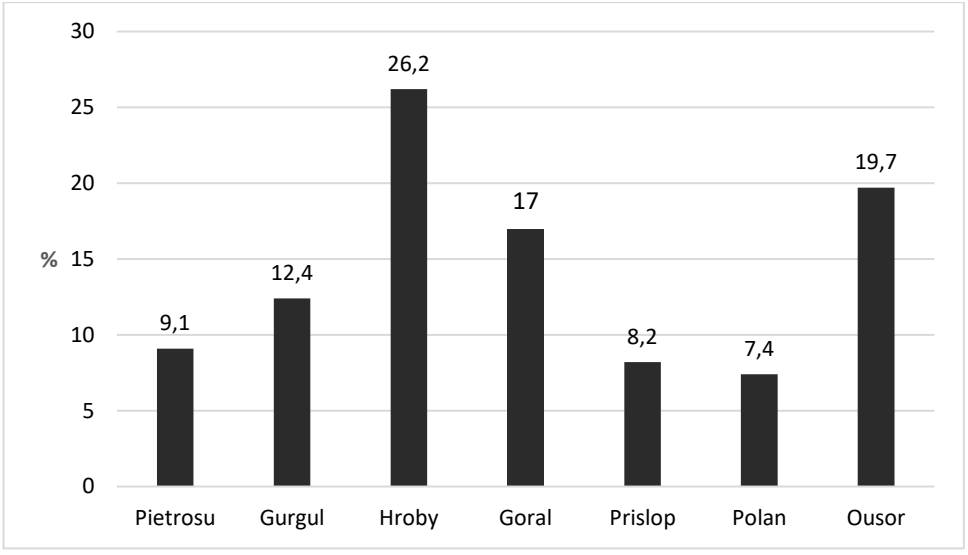
Ryc. 2. Efektywność reprodukcyjna klaczy huculskich mierzona liczbą córek z poszczególnych rodzin wpisanych do księgi tej rasy [%] źródło: baza danych PZHK
Fig. 2. *Reproductive efficiency of Hucul mares measured by the number of daughters from each family entered in the breed's book [%] source: database PZHK*

Efektywność reprodukcyjna rodów męskich

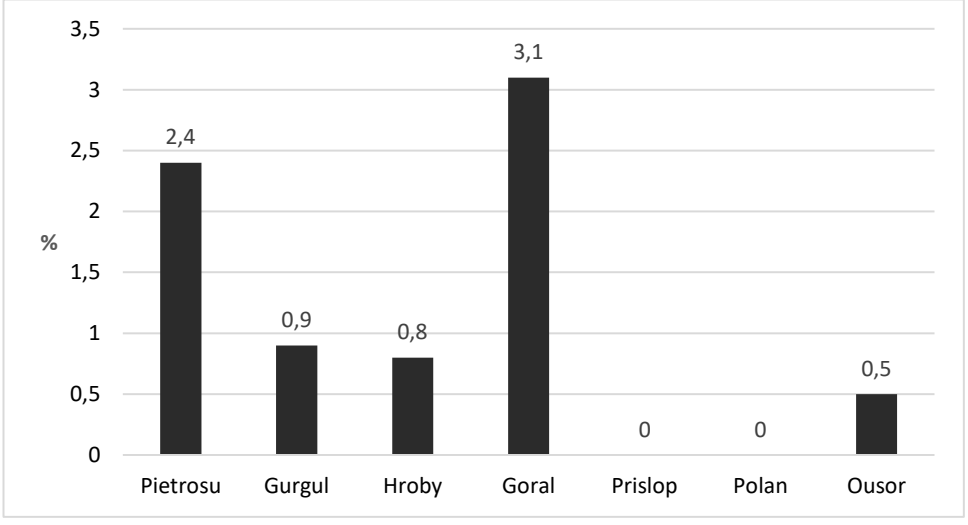
Analizując dokumentację stwierdzono, że najwięcej potomstwa męskiego urodziło się po ogierach z rodu Hroby, Ousor i Goral (ryc. 3). Jednocześnie najmniej po jedynym ogierze polskiego pochodzenia, założycielu rodu Polan. Okazało się, że kwalifikacji na reproduktora nie uzyskał żaden ogier z rodu Polana i Prislopa (ryc. 4). Należy jednak pamiętać, że konie huculskie stanowią niezwykle cenny element środowiska przyrodniczego. Dlatego odpowiednia reprezentacja zapewniająca zachowanie zmienności genetycznej stanowi istotny element ochrony bioróżnorodności. Warto być może uwzględnić podczas kwalifikacji reproduktorów nie tylko wskaźniki użytkowe, ale również genetyczne, co skutkowałoby protekcyjnością w aspekcie utraty zmienności genetycznej.

Jak podkreślają Gołębiewska i in. [2016], zachowanie różnorodności biologicznej jest silnie zróżnicowany przestrzennie, przy czym tereny południowo-wschodniej Polski wyróżniają się ekstensywnym rolnictwem i lepiej zachowaną agrobioróżnorodnością. Konie huculskie stanowią istotny element ekstensyfikacji produkcji na użytkach zielonych, co przyczynia się do poprawy i zachowania bioróżnorodności oraz funkcjonowania rolnictwa na zasadach zrównoważonego rozwoju. Wprowadzenie zwierząt gospodarskich na tereny cenne przyrodniczo stanowi element czynnej ochrony zwiększający atrakcyjność tych obszarów [Gruszecki i in. 2019]. Konie huculskie są powszechnie wykorzystywane

w turystyce górskiej, co dodatkowo wskazuje na możliwość łączenia ochrony rasy z ich wykorzystaniem jako zwierząt trawożernych do zachowania krajobrazu i bioróżnorodności.



Ryc. 3. Efektywność reprodukcyjna mierzona liczbą synów urodzonych po ogierach reprezentujących rody męskie [%] źródło: baza danych PZHK
Fig. 3. *Reproductive efficiency measured by the number of sons born to stallions representing male lines [%] source: database PZHK*



Ryc. 4. Efektywność reprodukcyjna mierzona liczbą synów, które uzyskały licencję reprezentujących rody męskie (%) źródło: baza danych PZHK
Fig. 4. *Reproductive efficiency measured by the number of sons licensed representing male lines [%] source: database PZHK*

IV. PODSUMOWANIE

Udział klaczy huculskich reprezentujących rodziny żeńskie w Programie ochrony zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich wskazuje na dominację trzech rodzin tj. Polanka, Wydra oraz Wołga. Wyniki przeprowadzonych badań sugerują, że wprowadzenie programów ochrony zasobów genetycznych koni huculskich od 2005 roku przyczyniło się do istotnych zmian w populacji, co potwierdza ich znaczenie dla zachowania różnorodności genetycznej oraz stabilności tej unikalnej rasy. Prowadzona selekcja wskazuje na zwiększenie udziału klaczy z takich rodzin jak Sekunda, Sroczka czy Agatka. Natomiast w przypadku rodów męskich stwierdzono niepokojące zjawisko braku wyboru na ogiery – reproduktory osobników z rodów Polan i Prislop.

Jednocześnie należy wskazać na konieczność dalszych badań w tym obszarze i monitorowanie zmian, w tym analizy długoterminowych skutków tych programów aby optymalizować ich efektywność w kontekście ochrony koni huculskich. Należy podkreślić, iż ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich jest istotnym elementem działań na rzecz zachowania bioróżnorodności, w tym spowolnienia zużycia zasobów przyrodniczych.

BIBLIOGRAFIA

1. Bordzoł A., Jackowski M. 2008. Struktura genealogiczna populacji koni huculskich w Bieszczadzkim Parku Narodowym. Roczniki Bieszczadzkie. 16. 389-408.
2. Chmieliński P., Wrzaszcz W., Zieliński M., Wigier M. 2022. Intensity and biodiversity: the 'green'potential of agriculture and rural territories in Poland in the context of sustainable development. Energies. 15(7). 2388.
3. de Vries, M. W. 2016. Grazing and biodiversity: from selective foraging to wildlife habitats. In: Mountain pastures and livestock farming facing uncertainty: environmental, technical and socio-economic challenges. No. 116. 177-187.
4. Gołębiewska B., Chlebicka A., Maciejczak M. 2016. Rolnictwo a środowisko: bioróżnorodność i innowacje środowiskowe w rozwoju rolnictwa. Wydawnictwo SGGW. ISBN: 978-83-62815-33-3.
5. Gruszecki T. M., Litwinczuk Z., Junkuszew A., Patkowski K., Chabuz W., Kulik M., Gregula-Kania M. 2019. Zwierzęta gospodarskie w czynnej ochronie terenów cennych przyrodniczo. Przegląd Hodowlany. 87(6). 1-3.
6. Instytut Zootechniki – PIB. Bioróżnorodność. http://www.bioroznorodnosc.izoo.krakow.pl/konie [dostęp 20.05.2024]
7. Kario W. 1991. Hucuły – konie Połonin. Wydawnictwo Parol Company. Kraków.
8. Kędziora A., Karg J. 2010. Zagrożenia i ochrona różnorodności biologicznej. Nauka. 4. 107-114.
9. Krupiński J., Horbańczuk, J. O., Kołacz, R., Litwińczuk, Z., Niemiec, J., Zięcik, A. 2011. Strategiczne kierunki rozwoju produkcji zwierzęcej uwarunkowane oczekiwaniem społecznym, ochroną środowiska i dobrostanem zwierząt. Polish Journal of Agronomy. 7. 59-67.
10. Krupiński J., Martyniuk E., Krawczyk J., Baran J., Bielański P., Bobak L., Calik J., Chełmińska A., Kawęcka A., Kowalska D., Majewska A., Obrzut J., Pasternak M., Piórkowska M., Polak G., Puchała M., Sikora J., Sosin-Bzducha E., Szyndler-Nędza M., Tomczyk-Wrona I. 2017. 15-lecie koordynacji programów ochrony zasobów genetycznych zwierząt w Instytucie Zootechniki PIB. Przegląd Hodowlany. 4. 30-36.
11. Krupiński J., Polak G. 2018. Ochrona bioróżnorodności zwierząt gospodarskich w warunkach zrównoważonego rolnictwa. Przegląd Hodowlany. 5. 1-8.

12. Krupiński, J., Martyniuk, E., Pasternak, M., Chełmińska, A. 2018. Wdrażanie Krajowej Strategii zrównoważonego użytkowania i ochrony zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich: osiągnięcia i wyzwania. Przegląd Hodowlany. 86(4). 29-31.
13. Lipińska I., Hasińska I. 2020. Z problematyki hodowli zwierząt gospodarskich w świetle nowych regulacji prawnych. Przegląd Prawa Rolnego. 2(27). 101-114. DOI: 10.14746/ppr.2020.27.2.6.
14. Projekt „Utworzenie Polsko-Ukraińskiego Centrum Hodowli i Promocji Konia Huculskiego". 2015. Strategia restytucji konia huculskiego w jego naturalnym środowisku do roku 2025. Odrzechowa.
15. Purzyc H. 2007. A general characteristic of Hucul horses. Acta Scientiarum Polonorum, Medicina Veterinaria. 6(4). 25-31.
16. PZHK. Statystyka hodowlana. https://www.pzhk.pl/hodowla/statystyka-hodowlana/ [dostęp 20.05.2024].
17. Symonides E. 2014. Różnorodność biologiczna Polski-jej stan, zagrożenia i prawno-organizacyjne aspekty ochrony. Przyszłość. Świat-Europa-Polska. (2/30). 12-35.
18. Szymańska M.E. 2021. Animal Protection as Part of EU Development Strategy. Studia Iuridica Lublinensia. 30(3). 239-248.
19. Tomczyk- Wrona I. 2022. Program ochrony zasobów genetycznych koni rasy huculskiej. Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy, Kraków.
20. Topczewska J., Krupa W., Krempa A. 2022. Wypas koni huculskich jako forma zrównoważonego rolnictwa w rejonie Bieszczadów. Polish Journal for Sustainable Development. 26(1). 51-58.

CONSERVATION OF GENETIC RESOURCES OF THE HUCUL BREED OF HORSES AS AN ELEMENT OF THE PROTECTION OF NATURAL RESOURCES

Summary[4]

The aim of the study was to evaluate the effectiveness of the implementation of the programme for the conservation of genetic resources of the Hucul breed of horses as an element of environmental resources. The study covered the population maintained in the Podkarpackie voivodeship. The share of Hucul mares representing female families in the Programme for the Protection of Genetic Resources of Farm Animals indicates the domination of three families, i.e., Polanka, Wydra, and Wołga. However, in the case of male families, an alarming phenomenon of lack of qualification for stallions was found, sires of individuals from the Polan and Prislop families, which in a longer time profile may result in a decrease in genetic variability. The protection of the genetic resources of Hucul horses is an important element of actions to preserve biodiversity, including retardation in the consumption of natural resources.

Keywords: biodiversity, horses, resources, retardation

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 215-222. rok 2024

JADWIGA TOPCZEWSKA[1], ERYKA PIĘTA[2], ANETA BIZIOR[2]

[1]Zakład Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, e-mail: *jtopczewska@ur.edu.pl*, [2]SKN *AnimalEquus*, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski

ZRÓWNOWAŻONY TRANSPORT ŻYWNOŚCI ELEMENTEM OGRANICZENIA ZUŻYCIA ZASOBÓW

Celem pracy było oszacowanie możliwości wprowadzenia alternatywnych rodzajów napędu w samochodach ciężarowych oraz ograniczenie transportu żywności celem zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Zrównoważenie transportu można osiągnąć poprzez przejście na bardziej wydajne środki transportu i/lub pojazdy o niższej emisji, zwłaszcza o napędzie elektrycznym lub wodorowym. Kluczowym w tym przypadku jest rozwój dedykowanej infrastruktury ładowania oraz uruchomienie programów wsparcia dla zakupu takiej floty. Konieczne jest również przekształcenie systemów żywnościowych w taki sposób, aby konsumenci w większym zakresie korzystali z żywności produkowanej lokalnie i sezonowo. Optymalizacja dystrybucji, w tym krótkich łańcuchów dostaw może również przyczynić się do realizacji zrównoważonego transportu. Wymienione działania sprzyjają retardacji antropopresji w środowisku przyrodniczym.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, retardacja, transport, żywność, zanieczyszczenia, łańcuch dostaw

I. WSTĘP

Handel żywnością jest niezbędny do osiągnięcia bezpieczeństwa żywnościowego, a żywność podlegająca procesom handlu na arenie międzynarodowej stanowi 19% spożywanych kalorii na całym świecie [Silvestrini i in. 2023]. Wraz z rosnącym popytem na różnorodne produkty spożywcze, transport jest kluczowym ogniwem w światowych łańcuchach dostaw żywności. Żywność pokonuje tysiące kilometrów dzięki bardziej wydajnym środkom transportu, jednak wiąże się to z kosztami dla środowiska mierzonymi np. w milach żywnościowych [Li i in. 2022]. Terminem tym określa się odległość, jaką pokonują produkty spożywcze od miejsca produkcji do konsumenta, wskazując na wpływ tego elementu dystrybucji na środowisko [Akaichi i in. 2017]. Hoehn i in. [2021] zaproponowali termin „zrównoważony rozwój" w łańcuchu dostaw żywności. Wskazali, że inicjatywy mające na celu zmianę systemu żywnościowego koncentrują się głównie na marnotrawstwie żywności i strategiach gospodarki o obiegu zamkniętym w zakresie produkcji żywności. Podkreślają natomiast konieczność zwrócenia uwagi na relokację rynków żywności i większą konsumpcją lokalną.

Owoce i warzywa odgrywają znaczącą rolę w emisji gazów cieplarnianych pochodzących z żywności, bowiem sam ich transport stanowi około 36% wszystkich emisji związanych

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.23

z produkcją [Li i in. 2022]. Jak wynika z raportu stowarzyszenia Freshfel Europe [Consumption Monitor 2024], średnie spożycie owoców i warzyw w UE spadło do 350 g/dzień/mieszkańca w 2022 r, przy zalecanych 400 g/dzień/mieszkańca przez WHO. W 2022 r. wartość owoców i warzyw wyprodukowanych w UE oszacowano na 73,4 mld euro, co stanowiło ponad 14% całej produkcji rolnej. Kraje UE są importerem netto owoców i warzyw, głównie ze względu na konsumpcję owoców tropikalnych. Głównymi dostawcami owoców egzotycznych są kraje rozwijające się. W latach 2018–2022 europejski import z tych krajów wzrósł o 33% [European Statistics Handbook 2024]. Większość egzotycznych owoców trafiających do Europy jest sprowadzana i dystrybuowana przez Holandię. W UE Holandia i Hiszpania wyróżniają się największą skalą produkcji owoców i warzyw [Doomernik i Garcés-Mascareñas Güell 2023], które są transportowane do innych krajów członkowskich, a także krajów trzecich. Również Włochy i inne kraje południa Europy produkują znaczące ilości owoców, które są uważane za egzotyczne. Należą do nich np. granaty. Są one często transportowane drogą lotniczą, głównie w celu zapewnienia klientom jak najdłuższego okresu przydatności do spożycia. Wraz z poprawą technologii obsługi i pakowania okres przydatności do spożycia może ulec wydłużeniu, co pozwoli wykorzystać również transport morski.

Głównym paliwem wykorzystywanym do napędów pojazdów ciężarowych są paliwa ropopochodne (olej napędowy, benzyna, LPG). Emisje generowane w wyniku realizacji przewozów taką flotą mają wpływ na zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego. Dlatego jednym z głównych wyzwań jest wprowadzenie alternatywnych rodzajów napędu, niezależnie od rodzaju przewożonych produktów czy towarów [Walendzik i in. 2016].

Wskazane powyżej składniki organizacji handlu żywnością mają istotny wpływ na zużywanie zasobów środowiska, jego zanieczyszczenie i/lub odtwarzanie ekosystemów w korzystnej kondycji.

Celem badań było oszacowanie możliwości wprowadzenia alternatywnych rodzajów napędu w samochodach ciężarowych oraz ograniczenie transportu żywności dla zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, pod kątem spowolnienia niekorzystnych zmian w środowisku przyrodniczym.

II. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Dokonano przeglądu dostępnej w bazie Google Scholar literatury oraz baz statystycznych z uwzględnieniem obszarów uznanych za istotne dla wyznaczonego celu pracy. Wyszukiwano według słów kluczowych takich jak: skala transportu produktów spożywczych, obrót żywnością, poziom konsumpcji, globalizacja produkcji rolnej, transport a emisja zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych, zeroemisyjne środki transportu, kierunki zmian w obszarze transportu żywności, rozwiązania legislacyjne. Analiza wybranych prac wskazała na korzyści w aspekcie założonego kryterium dla rozwoju alternatywnych środków transportu oraz krótkich łańcuchów dostaw w realizacji idei zrównoważonego transportu, w kontekście retardacji negatywnych zmian środowiska.

III. WYNIKI I DYSKUSJA

Przyszłość zrównoważonych środków transportu

Według danych z 2019 roku za emisję gazów cieplarnianych (GHG) z transportu w około 70% odpowiadał transport drogowy [Parlament Europejski 2023]. W 2020 roku emisje te uległy znacznemu spadkowi z powodu ograniczonej aktywności spowodowanej pandemią Covid-19, był to spadek o 13,5%, jednak w roku 2021 nastąpił wzrost o 8,6%. Transport drogowy odpowiada w największym zakresie za emisje gazów cieplarnianych z sektora

transportu, generując 76% wszystkich emisji w UE w roku 2021 [EEA 2022]. Rozwój tego sektora jest jednak niezbędny i nie można go ograniczyć, m.in. ze względu na globalizację i specjalizację regionalną w produkcji żywności a także oczekiwania konsumentów. Jednocześnie wskazuje się na konieczność podejmowania działań, które umożliwią zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, a także obniżą jego destruktywny wpływ na środowisko naturalne. Można to osiągnąć poprzez udoskonalanie oraz unowocześnianie floty, wprowadzenie systemów IT dla optymalizacji spedycji, ale również poprzez planowanie infrastruktury drogowej czy lokalizacji centrów logistycznych [Walendzik i in. 2016, Aljohani i Thompson 2018, Tłuczak 2020].

Niską podatnością transportową i magazynową charakteryzuje się większość świeżych owoców i warzyw, które są wrażliwe na zmiany temperatury i wilgotności w trakcie przewozu. Podczas transportu w owocach i warzywach zachodzą liczne procesy m.in. oddychania, utraty wody, czy też dojrzewania. Narażone są one również na uszkodzenia mechaniczne na wskutek drgań. Ich transport odbywa się przede wszystkim z wykorzystaniem transportu drogowego. Mimo, że za najbardziej ekologiczny środek transportu uznawany jest transport kolejowy nie jest on stosowany ze względu na często dłuższy czas transportu, a także brak specjalistycznego taboru. Ze względu na trudność w realizacji przewozów w systemie od drzwi do drzwi zwykle wykorzystuje się transport intermodalny, w którym transport kolejowy wykorzystywany jest na większości trasy, a na odcinkach końcowych wykorzystuje się transport samochodowy [Leleń 2016].

W celu redukcji emisji dwutlenku węgla z sektora transportu ciężkiego w dniu 14 sierpnia 2019 r. Unia Europejska ustanowiła pierwsze normy emisji CO_2 dla pojazdów ciężarowych. Od 2025 r. Rozporządzenie (UE) 2019/631 wskazało bardziej rygorystyczne cele dotyczące emisji CO_2 dla floty w całej UE, tj. 15% redukcji do 2025 r. dla samochodów osobowych i dostawczych, a od 2030 r. 50% redukcji dla samochodów dostawczych i 55% redukcji dla samochodów osobowych, wszystkie w odniesieniu do poziomu bazowego z 2021 r. Ustanowiło również cel zerowej emisji CO_2 dla nowych samochodów osobowych i dostawczych od 2035 r. Aby osiągnąć te cele, konieczne będzie znaczne zwiększenie wykorzystania pojazdów elektrycznych. Regulacje te mają wspomóc realizację zobowiązań UE wynikających z Porozumienia paryskiego w zakresie zmniejszenia kosztów zużycia paliw kopalnych.

Liczba rejestracji elektrycznych samochodów ciężarowych (o DMC wynoszącej co najmniej 16 t) w Europie w 2021 r. wynosiła 346 egzemplarzy, co stanowiło wzrost o 193% w porównaniu do roku 2020. Rynkowy udział pojazdów zeroemisyjnych w segmencie ciężarówek nadal utrzymuje się jednak na bardzo niskim poziomie. W 2022 r. w UE-27 sprzedano około 56 500 samochodów dostawczych z napędem elektrycznym, co stanowiło 5,5% udziału w rynku. Większość sprzedanych samochodów dostawczych z napędem elektrycznym stanowiły pojazdy BEV. W 2021 r. elektryczne HDV cieszyły się największym zainteresowaniem w Szwajcarii, w której zarejestrowano 77 tego typu pojazdów. Na 2. i 3. pozycji uplasowały się kraje skandynawskie: Norwegia (56 szt.) oraz Szwecja (47 szt.). Jednocześnie w państwach o najbardziej rozwiniętym rynku pojazdów ciężarowych (Niemcy, Francja i Polska) łączna liczba rejestracji eHDV wyniosła zaledwie 66 szt. [IEA 2024].

Segment drogowego transportu ciężkiego znajduje się dopiero na początku elektryfikacji. Głównym problemem jest niewystarczająco rozwinięta infrastruktura ładowania, wysoka cena zakupu pojazdów, ograniczona oferta rynkowa czy też brak dedykowanych systemów wsparcia. Jednak prognozy zakładają zdecydowany wzrost sprzedaży i rozwoju parku ciężkich pojazdów elektrycznych. Międzynarodowa Agencja Energetyczna przewiduje wzrost rocznej sprzedaży eHDV do około 180 tys. szt. w 2025 r. i prawie 660 tys. szt. w roku

2030. IEA prognozuje również, że park elektrycznych pojazdów ciężarowych liczyć będzie w 2025 r. 332 780 egzemplarzy, natomiast w 2030 r. około 2 610 000 [IEA 2024].

Decyzje o zakupie pojazdów użytkowych muszą uwzględniać aspekt ekonomiczny. Elektryczne pojazdy ciężarowe na etapie zakupu są droższe niż spalinowe. Wyższe ceny rekompensowane są niższymi kosztami eksploatacji, mniej skomplikowaną obsługą i wyższym poziomem niezawodności. Według analiz McKinsey Center for Future Mobility [2022], całkowity koszt posiadania i użytkowania elektrycznych pojazdów ciężarowych jest w stanie zrównać się z kosztami użytkowania pojazdów konwencjonalnych. Warunkiem umożliwiającym osiągnięcie opłacalności przejścia na pojazdy elektryczne jest dostępność programów wsparcia dedykowanych flocie o takim napędzie.

Rozwój dedykowanej infrastruktury ładowania stanowi główne wyzwanie dla sektora ciężkiego transportu drogowego. Według prognoz firmy Arthur D. Little [Krug i in. 2023], do 2030 r. flota elektrycznych pojazdów ciężkich w Europie powiększy się ponad 60-krotnie w stosunku do poziomu z 2022 roku, a do tego czasu ładowanie elektrycznych HDV stanie się najważniejszym obszarem szybkiego ładowania (DC) z zapotrzebowaniem na poziomie 42 TWh. Ciężki transport drogowy odpowiedzialny będzie za konsumpcję 65% energii przeznaczonej na ładowanie prądem stałym, podczas gdy zapotrzebowanie pojazdów osobowych stanowić będzie zaledwie 35% (23 TWh) [Krug i in. 2023]. W transporcie ciężkim wciąż silnie dyskutowaną alternatywą dla pojazdów bateryjnych są elektryczne samochody ciężarowe z ogniwami paliwowymi, które postrzegane są jako przyszłość motoryzacji. Rozważa się ich wprowadzenie głównie w kontekście transportu średnio - oraz długodystansowego. Pojazdy wodorowe oferują większe zasięgi oraz krótszy czas tankowania w porównaniu do pojazdów akumulatorowych.

Jak wskazują analizy 93% międzynarodowego transportu żywności opiera się na żegludze morskiej, a 94% transportu krajowego na transporcie drogowym, co oznacza, że ich współczynniki emisji modalnej znacznie się różnią, rozkład przestrzenny zadań transportowych pokazuje, że krajowe emisje w ramach Food miles przewyższają 1,3 razy międzynarodowe emisje Food miles. Krajowe kilometry żywnościowe i emisje są dodatnio skorelowane z obszarami i populacjami krajów takich jak Chiny, Indie, Stany Zjednoczone i Rosja. Jednocześnie to czterej najwięksi emitenci odpowiadający za 64% światowych krajowych emisji mil żywnościowych [Li i in. 2022].

Konsumpcja żywności produkowanej lokalnie i sezonowo jako element zrównoważonego transportu

Konsumpcja, produkcja i wszystkie powiązane procesy odpowiadają za około 1/3 całkowitej globalnej antropogenicznej emisji gazów cieplarnianych. Ponadto produkcja żywności wykorzystuje duże ilości zasobów takich jak ziemia, woda, przyczynia się także do utraty różnorodności biologicznej, zakwaszenia i eutrofizacji wód. Aby zapewnić przyszłym pokoleniom bezpieczną żywność bardziej niż kiedykolwiek konieczne jest przekształcenie systemów żywnościowych w kierunku zrównoważonego rozwoju [Hoehn i in. 2021]. System żywnościowy obejmuje wszystkie działania począwszy od produkcji, przez przetwarzanie, dystrybucję, przygotowanie, kończąc na konsumpcji. Zrównoważona konsumpcja polega również na właściwym postępowaniu z żywnością [Ran i in. 2022, Phan 2024, Schulze i in. 2024].

Strategia „od pola do stołu" powinna zapewnić wystarczającą ilość żywności, która będzie bogata w składniki odżywcze i adekwatna cenowo do jakości, ale również ma zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe. Ponadto ma zwiększać dobrostan zwierząt, szczególnie gospodarskich, przeciwdziałać zafałszowaniom żywności w łańcuchu dostaw, zwiększyć

produkcję ekologiczną, ograniczyć straty żywności i jej marnotrawstwo, propagować bardziej zrównoważoną konsumpcję żywności, jak również zdrowie odżywianie, a także ograniczenie stosowania pestycydów, nawozów, środków przeciwdrobnoustrojowych oraz zwiększenie produkcji ekologicznej [Migdał i Migdał 2021].

Lokalne dostawy żywności opierają się na krótkich łańcuchach dostaw, które uważane są za lepsze z punktu widzenia gospodarczego, społecznego i środowiskowego. Jak zauważyli Gonçalves i Zeroual [2017], z ekonomicznego punktu widzenia potrzeba częstych dostaw wiąże się z wysokimi kosztami transportu. Można zmniejszyć negatywny wpływ na środowisko poprzez ograniczenie liczby przewozów. Konieczne jest przeprojektowanie sieci łańcucha dostaw, aby był bardziej zrównoważony. Dodatkowo niezbędnym będzie przeprojektowanie wielu procesów dla zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych i zużycia energii [Bloemhof i Soysal 2017]. Krótkie łańcuchy dostaw, w których klienci udają się do miejsca produkcji aby zakupić żywność bezpośrednio u producenta, mogą skutkować znacznymi oszczędnościami dla klientów. W takim przypadku to konsument ponosi koszty transportu, co może być korzystne ekonomicznie. Jednakże dostawa produktów bezpośrednio do domu przez rolnika również może okazać się opłacalna z tego względu, że pozwala zorganizować efektywniejsze trasy. Mimo, że producent może ponieść dodatkowe koszty związane z dostawą, zazwyczaj te wydatki przenoszone są na cenę produktu. W rezultacie krótkie łańcuchy dostaw mogą przynosić korzyści ekonomiczne producentom, oferującym klientom wygodny sposób dostawy oraz świeżą żywność [Malak-Rawlikowska i in. 2019]. Aby zminimalizować negatywne skutki krótkich łańcuchów dostaw dla środowiska należy zapewnić produkcję żywności lokalnie ale też oferować żywność sezonową, przy jednoczesnym stosowaniu metod produkcji przyjaznych dla środowiska. Przy połączeniu lokalnego i sezonowego charakteru można ograniczyć skalę transportu i czas przechowywania produktów [Szymańska i Lukoszová 2019]. Istotnym jest również edukacja i etnocentryzm konsumentów [Kucharczyk i in. 2015, Wojciechowska-Solis 2022]. Wśród cech istotnych w przypadku żywności lokalnej jest identyfikacja producenta, jej świeżość, dobry smak i dostępność cenowa. Konsumenci korzystają z krótkich łańcuchów dostaw takich jak zakup bezpośrednio u producenta albo z okazjonalnych zakupów podczas wydarzeń plenerowych. Żywność sezonowa i lokalna, nabywana bezpośrednio u producenta pozwala również na realizację zrównoważonego rozwoju w łańcuchu dostaw żywności.

IV. PODSUMOWANIE

Wprowadzenie zrównoważonych systemów żywnościowych wymaga większego zaangażowania wszystkich uczestników tego procesu. Dla uzyskania pełnego efektu koniecznym są działania w zakresie poprawy efektywności energetycznej, przejście na pojazdy o niższej emisji i/lub bardziej wydajne środki transportu. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych pochodzących z sektora transportowego można uzyskać zwłaszcza poprzez wprowadzenie pojazdów o napędzie elektrycznym lub wodorowym. Wpływ na emisję gazów cieplarnianych ma również produkcja i konsumpcja żywności. Konieczne jest przekształcenie systemów żywnościowych w taki sposób, aby konsumenci w większym zakresie korzystali z żywności produkowanej lokalnie i sezonowo. Optymalizacja dystrybucji, w tym krótkich łańcuchów dostaw może również przyczynić się do realizacji zrównoważonego transportu, który stanowi istotny element działań na rzecz ograniczania i spowalniania antropopresji.

BIBLIOGRAFIA

1. Akaichi F., Nayga R.M., Nalley L.L. 2017. Are there trade-offs in valuation with respect to greenhouse gas emissions, origin and food miles attributes? European Review of Agricultural Economics. 44(1). 3-31. https://doi.org/10.1093/erae/jbw008
2. Aljohani K. Thompson R.G. 2018. The impacts of relocating a logistics facility on last food miles–The case of Melbourne's fruit & vegetable wholesale market. Case studies on transport policy. 6(2). 279-288. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.03.007.
3. Bloemhof J.M., Soysal M. 2017. Sustainable Food Supply Chain Design. In Sustainable Supply Chains. Y. Bouchery, C.J. Corbett, J.C. Fransoo, T. Tan (red.). Springer: Amsterdam. 395-412.
4. Consumption Monitor 2024. Fresh Fruit and Vegetables Production, Trade, Supply, and Consumption Monitor in the EU-27. Freshfel. https://freshfel.org/what-we-do/consumption-monitor/ [dostęp 15.04.2024].
5. Doomernik J., Garcés-Mascareñas B., Güell B. 2023. Seasonal workers in agriculture: The cases of Spain and The Netherlands in Times of Covid-19. In: Migration Control Logics and Strategies in Europe: A North-South Comparison, 209-226. Cham: Springer International Publishing.
6. European Environment Agency (EEA). EEA Report No 02/2022. Transport and environment report 2021. Decarbonising road transport - the role of vehicles, fuels and transport demand. [dostęp 15.04.2024 r.].
7. European Fresh Produce Associaton. Źródło: https://freshfel.org/freshfel-europes-consumption-monitor-shows-that-there-is-still-a-long-way-to-go-to-reach-the-minimum-recommendation-of-400-g-day-of-fresh-fruit-and-vegetables-2/
8. European Statistics Handbook. 2024. Fruit Logistica. Messe Berlin GmbH.
9. Gonçalves A., Zeroual T. 2017. Logistic Issues and Impacts of Short Food Supply Chains: Case Studies in Nord – Pas de Calais, France. In Toward Sustainable Relations between Agriculture and the City. C.T. Soulard, C. Perrin E. Valette (red.). Springer: Berlin – Heidelberg. 33-49.
10. Hoehn D., Laso J., Margallo M., Ruiz-Salmón I., Amo-Setién F.J., Abajas-Bustillo R., Sarabia C., Quiñones A., Vázquez-Rowe I., Bala A. 2021. Introducing a Degrowth Approach to the Circular Economy Policies of Food Production, and Food Loss and Waste Management: Towards a Circular Bioeconomy. Sustainability. 13. 3379. DOI:10.3390/su13063379.
11. IEA 2024. Global EV Outlook 2024. Moving towards increased affordability. International Energy Agency.
12. Krug A., Knoblinger T., Qvist O. 2023. Truck electrification — profit booster or white elephant? Opportunities and challenges for manufacturers and operators from a charging perspective. Arthur D. Little.
13. Kucharczyk M., Krzywonos M., Wilk M., Seruga P., Borowiak D. 2015. Etnocentryzm konsumencki a produkty regionalne. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. 411. 87-96.
14. Leleń P. 2016. Analiza możliwości wykorzystania transportu kolejowego do przewozu wybranych gatunków świeżych owoców i warzyw – podatność transportowa. Technical Issues.4. 40-46.
15. Li M., Jia N., Lenzen M., Malik A., Wei L., Jin Y., Raubenheimer D. 2022. Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions. Nature Food. 3(6). 445-453.
16. Malak-Rawlikowska A., Majewski E., Wąs A., Borgen S.O., Csillag P., Donati M., Freeman R., Hoàng W., Lecoeur J.-L., Mancini M. C., Nguyen A., Saïdi M., Tocco B., Török Á., Veneziani M., Vittersø G., Wavresky P. 2019. Measuring the Economic, Environmental, and

Social Sustainability of Short Food Supply Chains. Sustainability. 11(5). Doi: https://doi.org/10.3390/su11154004.
17. McKinsey Center for Future Mobility. 2022. Preparing the world for zeroemission trucks. The mainstays of commercial road transport will soon benefit from cost-effective, zero-emission horsepower. Copyright © McKinsey & Company.
18. Migdał W., Migdał Ł. 2021. Od pola do stołu – wymagania konsumentów w stosunku do rolników. ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość. 4(129). 24-46.
19. Parlament Europejski. 2023. Emisje CO2 z samochodów: fakty i liczby (infografiki). https://www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20190313STO31218/emisje-co2-z-samochodow-fakty-i-liczby-infografiki [dostęp: 15.04.2024].
20. Phan T. X. D. 2024. Understanding the acquisition, usage, and disposal behaviours in sustainable food consumption: a framework for future studies. Cleaner and Responsible Consumption. 12. Doi: https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100162.
21. Pradhan P., Lüdeke M.K.B., Reusser D.E., Kropp J.P. 2014. Food self-sufficiency across scales: how local can we go? Environmental Science and Technology. 48(16). 9463-9470. DOI:10.1021/es5005939.
22. Ran Y., Lewis A. N., Dawkins E., Grah R., Vanhuyse F., Engström E., Lambe F. 2022. Information as an enabler of sustainable food choices: A behavioural approach to understanding consumer decision decision-making. Sustainable Production and Consumption. 31. 642-656.
23. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1242 z dnia 20 czerwca 2019 r. określające normy emisji CO_2 dla nowych pojazdów ciężkich oraz zmieniające rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 595/2009 i (UE) 2018/956 oraz dyrektywę Rady 96/53/WE.
24. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/631 z dnia 17 kwietnia 2019 r. określające normy emisji CO2 dla nowych samochodów osobowych i dla nowych lekkich pojazdów użytkowych oraz uchylające rozporządzenia (WE) nr 443/2009 i (UE) nr 510/2011.
25. Schulze M., Janssen M., Aschemann-Witzel J. 2024. How to move the transition to sustainable food consumption towards a societal tipping point. Technological Forecasting and Social Change. 203. Doi: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123329.
26. Silvestrini M.M., Smith N.W., Sarti F.M. 2023. Evolution of global food trade network and its effects on population nutritional status. Current Research in Food Science. 6. 100517. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100517.
27. Szymańska E. J., Lukoszová X. 2019. Krótkie łańcuchy dostaw produktów żywnościowych. Ekonomika i Organizacja Logistyki. 4(1). 91-101.
28. Tłuczak A. 2020. Wybrane metody lokalizacji logistycznych centrów dystrybucyjnych. Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Ekonomika i Organizacja Logistyki. (52). 43-52.
29. Walendzik M., Łepkowski M., Nowacki G. 2016. Wpływ transportu drogowego na środowisko naturalne człowieka i zagrożenia występujące w transporcie drogowym rzeczy. Autobusy. 6. 459-464.
30. Wojciechowska-Solis J. 2022. Etnocentryzm konsumencki na rynku produktów lokalnych: determinanty zachowań konsumenta. Zagadnienia ekonomiki rolnej. 373(4). 75-92.

SUSTAINABLE FOOD TRANSPORT AS PART OF REDUCING RESOURCE CONSUMPTION

Summary

The aim of this study was to assess the feasibility of introducing alternative types of propulsion into trucks and reducing food transport to reduce greenhouse gas emissions. Sustainable transport can be achieved by improving energy efficiency, switching to lower-emission vehicles, and / or more efficient modes of transport, especially by introducing electric or hydrogen-powered vehicles. Food systems also need to be transformed so that consumers make more use of locally and seasonally produced food. Optimising distribution, including short supply chains, can also contribute to the realisation of sustainable transport.

These measures promote the retardation of anthropopressure in the natural environment.

Keywords: sustainable development, retardation, transport, food, pollution, supply chain

Tom 28 (1). 223-230. rok 2024

MARIUSZ WÓJCIK[1], SŁAWOMIR BEEGER[1], PIOTR CZYŻOWSKI[1]

[1]Department of Animal Ethology and Wildlife Management, University of Life Sciences in Lublin, Akademicka 13, 20-950 Lublin. Poland; e-mail*: mariusz.wojcik@up.lublin.pl*; *slawomir.beeger@up.lublin.pl*; *Correspondence: *piotr.czyzowski@up.lublin.pl*

USE OF DRONES IN THE MONITORING OF THE EUROPEAN POND TURTLE *EMYS ORBICULARIS* IN HABITATS OF THE POLESKI NATIONAL PARK (POLAND)

The study tested the suitability of consumer drones for monitoring the abundance of the European pond turtle Emys orbicularis, an endangered species whose reliable monitoring is crucial for active species conservation. The widely available semi-professional DJI Mavic Air2 model was used, as it can be used to obtain 48 Mpix images or 4K videos. Until now, the species has been monitored visually with binoculars, but this method only works well in specific habitats, such as ponds and drainage ditches. It has been shown that the best method in inaccessible habitats, such as tall rushes, sedges, etc., is to plan a drone flight along a specific trajectory and take a series of photos. In addition, the size of the area can be accurately assessed, and animal density can be calculated. The research is essential for retardation of negative changes in the state of biodiversity in Poland.

Keywords: European pond turtle, *Emys orbicularis*, drone monitoring, wetland habitats, retardation

I. INTRODUCTION

In recent years, drones have been increasingly used to observe wild animals in their natural habitats, especially those inaccessible and challenging to use ground-based inventory methods. Using drones for turtle inventories offers far greater opportunities than monitoring by traditional approaches based on direct observation. Drone flights make it possible to verify the presence of turtles in places that are entirely inaccessible to observers while at the same time not scaring them away. Using drones with optical and thermal imaging cameras, combined with deep learning, allows automatic processing and recognition of images [Chamoso et al. 2014, Kallenberger et al. 2018, Rančić et al. 2023, Prosekov et al. 2020, Ezat et al.2018, Rey et al. 2017].

The European pond turtle is the only native representative of turtles in the Polish fauna. It is a very high-risk, endangered species, listed in the Polish Red Book of Animals and the Red List of Dying and Endangered Animals in Poland [Głowaciński 2001, 2002] with EN (endangered) status. It is subject to the Habitats Directive 92/43/EEC (Annexes II and IV) and the Bern Convention. It is strictly protected in Poland and requires active protection (Regulation of the Minister of Environment of 16 December 2016). In Poland, it occurs indigenously, most abundantly in Polesie Lubelskie. Poleski National Park was established

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.24

mainly to protect wetland and peatland ecosystems. In the case of reptiles, the most spectacular and best-studied species in the Polesie National Park is the European pond turtle [Dziedzic 2002, Kosik et al. 2013]. There are 11 nesting sites in the park and its buffer zone. The population size is estimated at 350-450 adults. Estimates are based on assessing the number of adult females laying eggs in a given year. The number of males is usually unknown, as is the number of juveniles. The species is found in various available habitats over much of the park area. It inhabits peat bogs, sedges, alders, ponds, drainage ditches and canals [Mitrus 2006].

As a ectothermic species, the turtle depends on warm, easily-heated places in its habitat. However, changes in the last few decades, including land reclamation and afforestation of the so-called wastelands (often nesting grounds), have caused turtles in Poland to increasingly frequent forest habitats. Also, in the area of the Poleski National Park, it can be observed that some individuals use aquatic habitats in forest areas. These are mainly mid-forest drainage ditches, sedges, and ponds.

The aim of the study was: to assess the suitability of low-cost consumer drones for European pond turtle monitoring, to compare classical and drone monitoring, and to assess habitat preference by European pond turtles in Poleski National Park.

II. MATERIALS AND METHODS

Preliminary field inventory made it possible to select 51 likely turtle habitats. The size of the monitored areas varied, usually limited by natural features, such as a group of mid-forest peat ponds, sedges bounded by drainage ditches, ponds, etc. The flights were repeated six times a season (from April to September 2023). Considering the repetition of flights in subsequent control dates, the area covered by drone monitoring amounted to 190.20ha.

Drone flights

The DJI Mavic Air 2 drone features a 1/2″ Quad Bayer sensor with 48 megapixels for high-resolution images. All images are geotagged, i.e. they are assigned a geographical location. We found that the best altitude for flying the Mavic Air 2 drone is between 17 and 22 m, as this allows for a photo resolution of 0.3-0.4 cm/pixel without scaring the turtles. The turtles' reaction to the drone's presence was tested on other surfaces before proceeding. The hovering drone gradually descended. The first alarm signs (head lifting) appeared only when the drone was below 15 m in height, but the turtles rarely fled into the water. At heights above 15 m, we observed no escape.

The work began by determining the routes to fly the drone over the various surfaces with the designation of the waypoints where the photographs would be taken. For this purpose, the Grid Waypoint Mission Tool for Litchi (https://ancient.land) was used, allowing the initial flight parameters to be determined. The flight template prepared this way was imported into the Litchi Mision Hub (*https://flylitchi.com/*). In the Hub, we make adjustments to the flight parameters, e.g. adding or removing individual points, moving them, and correcting the direction or altitude of the flight (Fig. 1). A field trips were made between 16 April to 12 September. Aerial inspections of a smaller number of areas were supplemented by visual monitoring using binoculars.

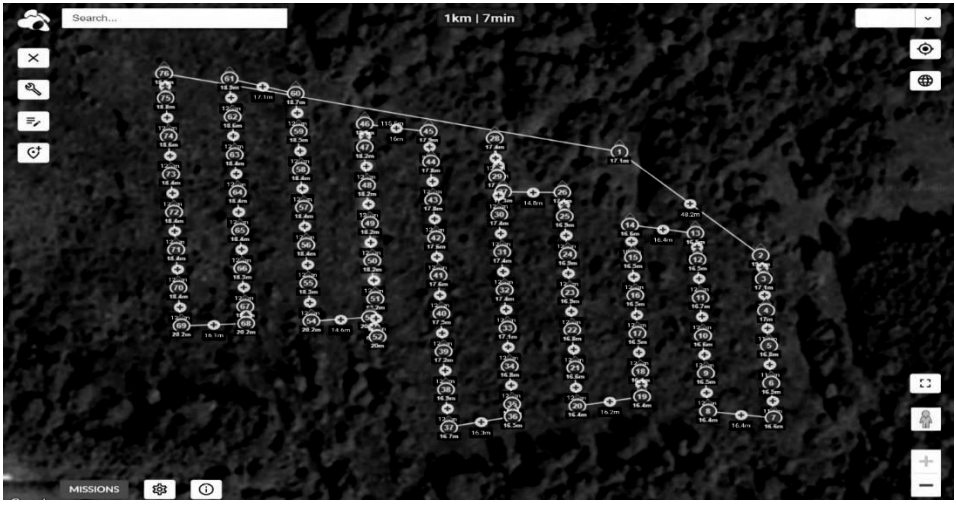


Fig. 1. Drone flight plan - screenshot of Litchi Mission Hub software
Rys. 1. *Plan lotu drona - zrzut ekranu z oprogramowania Litchi Mission Hub*

Statistical analysis

The normality of distributions of the analysed parameters was assessed with the Shapiro-Wilk test. Since the distributions of the dependent variables significantly diverged from normality, nonparametric (rank) tests were employed to analyse the significance of the differences between these distributions. The Man Whitney U test was used to compare two groups (the results of two inventory methods). The description of the distributions was based on the measures of the position of the mean value, i.e. the median and quartiles. In comparing groups and significant differences between these groups, the results of the multiple comparison tests have the so-called letter marking. Groups denoted with the same letter are not significantly different from each other (they represent the same homogeneous group), whereas groups that are not marked with the same letter differ significantly for $p \leq 0.05$. Statistical analysis of the research results was done using the Statistica 13.1 package

III. RESULTS AND DISCUSSION

A total of 656 turtle observations were made during inspections. Depending on the date and location, 3 to 71 individuals were found during each inspection. An example photo of the turtles observed from a drone in the habitat from a height of 22 meters is shown in Fig. 2.

The number of turtle sightings was strongly influenced by location due to the type of habitat, which is related to the biology and behaviour of the species. To lay eggs, female freshwater turtles usually migrate a distance of tens, rarely hundreds or more meters from a body of water [Burke et al. 1998, Zufi and Rovina 2006]. Drainage ditches and water channels can be used as a route for movement to lairs and wintering sites, which can be explained by the fact that in our study, they were not found in drainage ditches during the breeding months (V, VI). Only after the breeding season (VII, VIII) is there a marked increase in the number of turtle sightings in the ditches due to dispersal in search of habitats with the best resources [Burke and Gibbons 1995, Burke et al. 1998, Zuffi and Rovina 2006, Cadi et al. 2004] and to hibernation sites [Novotny et al. 2004]. At the same time, in the park, the water level usually decreases during the season; hence, the extensive sedge habitats become

less suitable, and turtles congregate in places with deeper water, including drainage ditches, mid-forest ponds and ponds

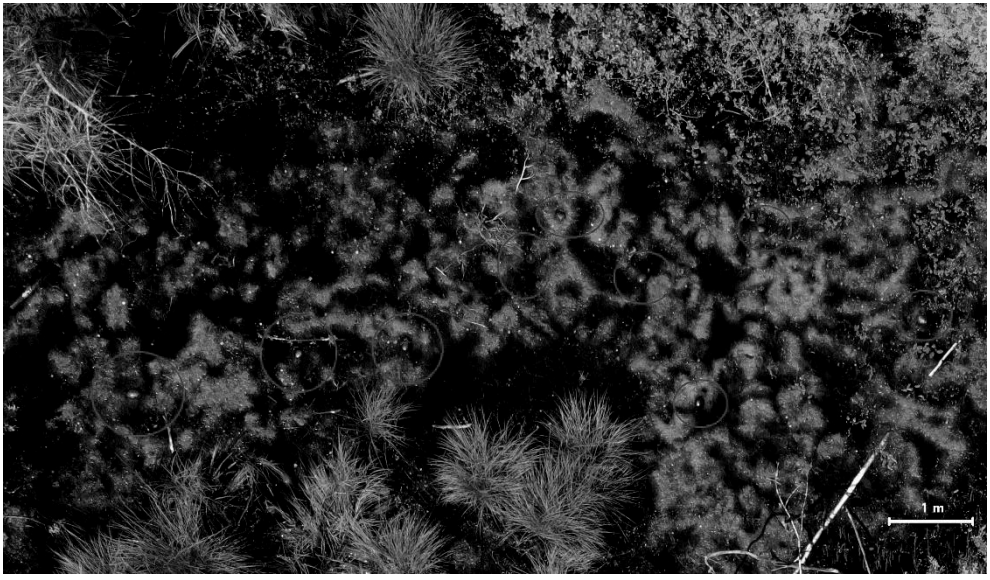


Fig. 2. Photo of turtles from a drone on one of the surfaces
Rys. 2. *Zdjęcie żółwi z drona na jednej z powierzchni*

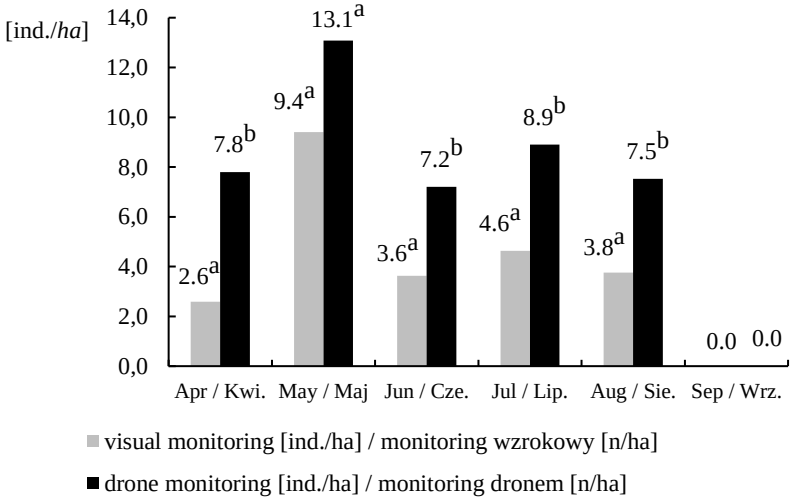
Comparing the results of turtle inventories made by the two methods, in terms of density (ind./ha), there was a higher precision of the inventory using drones (tab. 1). The average density of turtles obtained with drones was twice as high as the density of turtles using the traditional (visual) method, and this difference was statistically significant (Mann-Whitney U test: Z=5.1163; p=0.0001). Comparison of parameters for the two inventory methods over the entire study period (without dividing by habitat or month) Mann-Whitney U test: Z=5.1163; p=0.0001.

Table 1- ***Tabela 1***

Comparison of parameters for the two inventory methods over the entire study periods / *Porównanie parametrów dla dwóch metod inwentaryzacji w całym okresie badan*

Parameter / *Parametr*	Visual monitoring [ind./ha] *Monitoring wzrokowy [os./ha]*	Drone monitoring [ind./ha] *Monitoring dronem [os./ha]*
Average / *Średnia*	4.2	8.2
Range / *Zakres*	0.0-73.6	0.0-112.4
SD	11.3	15.9
Median / *Mediana*	0.0	2.0
Q25-Q75	0.0-2.0	0.0-6.9

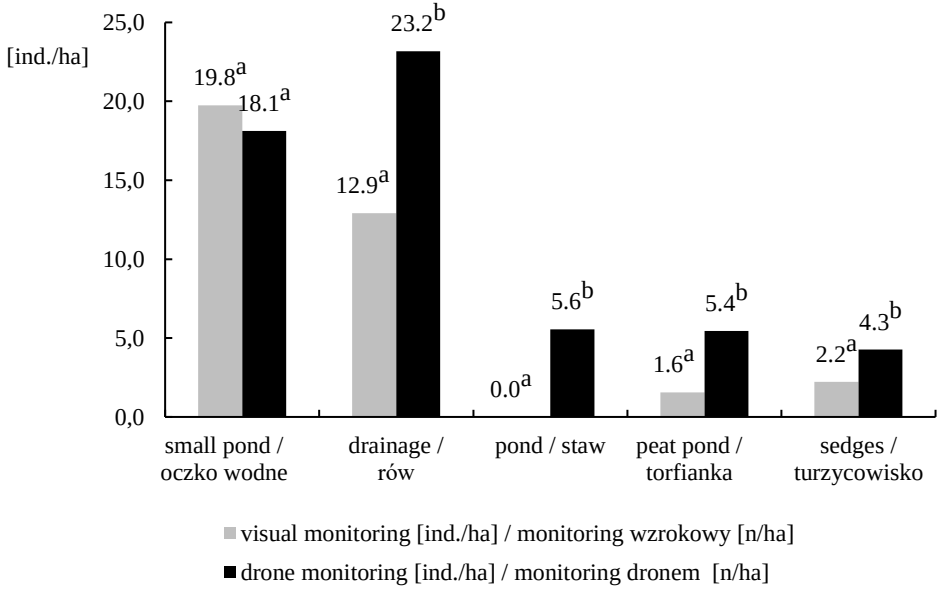
In each month of observation, the average density of turtles obtained using drones was significantly higher than the visual inventory results (Fig.3). In all months except May, the difference in results (average density ind./ha) between the compared methods was statistically significant.



[a, b]averages marked with different letters between the two inventory methods (in each month) differ significantly for p≤0.05 (Mann-Whitney U test) / [a, b] *średnie oznaczone różnymi literami między dwiema metodami inwentaryzacji (w każdym miesiącu) różnią się istotnie dla p≤0,05 (test U Manna-Whitneya)*

Fig. 3. Comparison of turtles inventory results (ind./ha) obtained by drone and visual methods by month
Ryc. 3. *Porównanie wyników inwentaryzacji żółwi (os./ha) uzyskanych metodą dronową i wizualną w poszczególnych miesiącach*

Comparing the average densities of turtles obtained by two inventory methods in different habitat types, statistically significant differences were found in all habitat types except ponds (Fig.4). Due to their small size, their areas are easy to verify using the visual method, while in other cases, the visual method is less effective than drone flights. It was found that the highest number of turtles observed was in May, while no individual was found in the last month of observation. These observations coincide with European pond turtle activity, which lasts for about six months, beginning in late March/early April (depending on weather conditions) and ending in late summer, usually in late August/early September [Lebboroni and Chelazzi 1991]. According to the literature [Ficetola et al. 2004, Maciantowicz and Najbar 2004, Cadi et al. 2008], two periods can be distinguished in the annual cycle of turtles: an active period from April to October and a lethargic hibernation period from November to March.



[a, b]averages marked with different letters between the two inventory methods (in each habitat) differ significantly for p≤0.05 (Mann-Whitney U test) / [a, b] *średnie oznaczone różnymi literami między dwiema metodami inwentaryzacji (w każdym siedlisku) różnią się istotnie dla p≤0,05 (test U Manna-Whitneya)*

Fig. 4. Comparison of turtles inventory results (ind./ha) obtained by drone and visual methods on different habitats
Ryc. 4.*Porównanie wyników inwentaryzacji żółwi (os./ha) uzyskanych metodą dronową i wizualną w różnych siedliskach*

IV. CONCLUSIONS

The use of drones for turtle inventories provides the opportunity to accurately locate individual turtles by geotagging photos taken with a drone, making it possible to determine the degree of habitat use, the spatial distribution of the population, and changes in these parameters during the species' season of activity. The monitoring results obtained with the drone are higher in every case, and the differences are statistically significant. Using drones to inventory species such as the European pond turtle creates many new opportunities. It is possible to conduct inventories in habitats that are difficult to access or inaccessible to classical methods (deep marshes, the spit zone on lakes, etc.), thus obtaining more complete results from habitats inaccessible to classical methods.

The research was conducted with funding from the Forest Fund. Contract number MZ.0290.1.15.2023

REFERENCES

1. Burke V.J., Athbun S.L.R., Odie J.R.B., Gibbons J.W. 1998. Effect of density on predation rate for turtle nests in a com-plex landscape. Oikos 83. 3-11.
2. Burke V.J., Gibbons J.W. 1995. Terrestrial buffer zones andwetland conservation: a case study of freshwater turtles in a Carolina Bay. Conserv. Biol. 9. 1365-1369. doi:10.1046/j.1523-1739.1995.09061365.x.

3. Cadi A., Nemoz M., Thienpont S., Joly P. 2008. Annual home range and movement in freshwater turtles: management of the endangered European pond turtle (*Emys orbicularis*). Rev. Esp. Herp. 22. 71-86.
4. Cadi A., Nemoz M., Thienpont S., Joly P. 2004. Home range, movements, and habitat use of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Rhône-Alpes region, France. Biologia. 59. 89-94.
5. Chamoso P., Raveane W., Parra V., González A. 2014. UAVs applied to the counting and monitoring of animals. In Ambient Intelligence-Software and Applications: 5th International Symposium on Ambient Intelligence. Springer International Publishing. 71-80.
6. Dziedzic R. 2002. Fauna of Polesie National Park – Vertebrates/Fauna Poleskiego Parku Narodowego – Kręgowce. In Polesie National Park. Morpol: Lublin. Poland.1-124.
7. Ezat M.A., Fritsch C.J., Downs C.T. 2018. Use of an unmanned aerial vehicle (drone) to survey Nile crocodile populations: A case study at Lake Nyamithi, Ndumo game reserve, South Africa. Biol. Conserv. 223. 76-81. doi:10.1016/j.biocon.2018.04.032.
8. Ficetola G.F., Padoa-Schioppa E., Monti A., Massa R., Bernardi F.D., Bottoni L. 2004. The importance of aquatic and terrestrial habitat for the European pond turtle (*Emys orbicularis*): implications for conservation planning and management. Can. J. Zool. 82. 1704-1712. doi:10.1139/z04-170.
9. Głowaciński Z. 2001. Polish red data book of animals Vertebrates/Polska czerwona księga zwierząt. Kręgowce. PWRiL: Warszawa. Poland 1-452.
10. Głowaciński Z. 2002. Red list of endangered and threatened animals in Poland/Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. IOP PAN: Kraków. Poland. 74 pp.
11. Kellenberger B., Marcos D., Tuia D. 2018. Detecting mammals in UAV images: Best practices to address a substantially imbalanced dataset with deep learning. Remote Sens. Environ. 216. 139-153.doi:10.1016/j.rse.2018.06.028.
12. Kosik E., Wójcik M., Beeger S., Rozempolska-Rucinska I. 2013. Carapace anomalies of pond turtles (Emys orbicularis) from the Poleski National Park, from the hatch of 2008. J. Anim. Sci. Biol. 31. 34-42.
13. Lebboroni M., Chelazzi G. 1991. Activity patterns of Emys orbicularis L.(Chelonia Emydidae) in central Italy. Ethol. Ecol. Evol. 3. 257-268. doi:10.1080/08927014.1991.9525373.
14. Maciantowicz M., Najbar B. 2004. Distribution and active conservation of *Emys orbicularis* in Lubuskie province (West Poland). Biologia. 59. 177-183.
15. Mitrus S. 2006. Fidelity to nesting area of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). Belg. J. Zool. 136. 25.
16. Novotný M., Danko S., Havaš P. 2004. Activity cycle and reproductive characteristics of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Tajba National Nature Reserve, Slovakia. Biologia 59. 113-121.
17. Prosekov A., Kuznetsov A., Rada A., Ivanova S. 2020. Methods for monitoring large terrestrial animals in the wild. Forests 11(8). 808. doi:10.3390/f11080808.
18. Rančić K., Blagojević B., Bezdan A., Ivošević B., Tubić B., Vranešević M., Pejak B.,Crnojević V., Marko O. 2023. Animal Detection and Counting from UAV Images Using Convolutional Neural Networks. Drones. 7. 179.doi:10.3390/drones7030179.
19. Rey N., Volpi M., Joost S., Tuia D. 2017. Detecting animals in African Savanna with UAVs and the crowds. Remote Sens. Environ. 200. 341-351.doi:10.1016/j.rse.2017.08.026.
20. Zuffi M.A., Rovina L. 2006. Habitat characteristics of nesting areas and of predated nests in a Mediterranean population of the European pond turtle, *Emys orbicularis galloitalica*. Acta Herpetol. 1. 37-51.

WYKORZYSTANIE DRONÓW DO MONITORINGU ŻÓŁWIA BŁOTNEGO *EMYS ORBICULARIS* W SIEDLISKACH POLESKIEGO PARKU NARODOWEGO (POLSKA)

Streszczenie

W pracy przetestowano przydatność dronów konsumenckich do monitorowania liczebności żółwia błotnego Emys orbicularis, gatunku zagrożonego, którego rzetelny monitoring jest niezwykle ważny w czynnej ochronie gatunkowej. Użyto powszechnie dostępnego półprofesjonalnego modelu DJI Mavic Air2, ponieważ można go wykorzystać do uzyskania zdjęć 48 Mpix lub filmów 4K. Do tej pory gatunek ten był monitorowany wizualnie za pomocą lornetki, ale ta metoda sprawdza się tylko w określonych siedliskach, takich jak stawy i rowy melioracyjne. Wykazano, że najlepszą metodą w siedliskach niedostępnych takich jak np. szuwary wysokie, turzycowiska itp. jest zaplanowanie lotu dronem wzdłuż określonej trajektorii i wykonanie serii zdjęć. Ponadto można dokładnie ocenić wielkość obszaru i obliczyć zagęszczenie zwierząt. Badania mają znaczenie dla retardacji negatywnych zmian stanu różnorodności biologicznej w Polsce.

Słowa kluczowe: żółw błotny, *Emys orbicularis*, monitoring z użyciem drona, siedliska podmokłe, retardacja

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 231-239. rok 2024

URSZULA WYDRO, ELŻBIETA WOŁEJKO, AGATA JABŁOŃSKA-TRYPUĆ

Politechnika Białostocka, Katedra Chemii, Biologii i Biotechnologii, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok, e-mail: *e.wolejko@pb.edu.pl*

AKTYWNOŚĆ AMYLOLITYCZNA GLEB ZDEGRADOWANYCH PO APLIKACJI OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Celem pracy była analiza wpływu odwodnionych i termicznie przetworzonych osadów ściekowych na aktywność amylolityczną gleb zdegradowanych. Aktywność amylazy oraz liczebność bakterii amylolitycznych w ryzosferze traw monitorowano dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym; w czerwcu i październiku w pierwszym roku po aplikacji osadów ściekowych. Najwyższą średnią liczbę bakterii amylolitycznych odnotowano w próbkach pobranych w październiku z wariantów, do których aplikowano osad granulowany w dawce 29 t s.m./ha i wynosiła ona 44,62 × 10^6 jtk/g s.m. gleby. Aktywność amylaz w glebie traktowanej osadem odwodnionym najwyższą średnią wartość osiągnęła w czerwcu (2,12 mg Glc/g s.m. ×24 h), podczas gdy w glebie traktowanej osadem granulowanym była stabilna w badanym okresie (od 1,65 do 2,18 mg Glc/g s.m. ×24 h).

Słowa kluczowe: amylaza, osad granulowany, osad odwodniony mechanicznie, bakterie amylolityczne

I. WSTĘP

Gleby miejskie według Niedbała i in. [2010] należą do najbardziej zdegradowanych gleb ze względu na niewielką ilość składników pokarmowych i małą pojemność wodną oraz niską zawartość materii organicznej i próchnicy. Taki stan rzeczy związany jest z jej strukturą, która jest niejednolita i często składa się z różnych odpadów budowlanych. Dodatkowo gleby te charakteryzują się zwartą strukturą co jest wynikiem stosowania ciężkiego sprzętu, a co za tym idzie zostają zaburzone stosunki powietrzno-wodne. Ponadto gleby położone wzdłuż szlaków komunikacyjnych narażone są na zanieczyszczenia pochodzące z transportu [Nawaz i in. 2013]. Sarkodie i in. [2022] stwierdzili, że zarówno chemiczne jak i mechaniczne przekształcenia gleby na terenach miejskich będą wpływać negatywnie na zmiany aktywności biologicznej, co w konsekwencji wpływa na upośledzenie funkcjonowania biocenoz. Zanieczyszczenia występujące w ciągach komunikacyjnych mogą wpływać na ich wzajemne relacje i zaburzając aktywność mikroorganizmów glebowych [Sarkodie i in. 2022].

Podstawowym elementem terenów zurbanizowanych są trawniki ze względu na proste i najbardziej naturalne pokrycie powierzchni gleb. Ta struktura roślinna odgrywa istotną rolę jako gatunek najczęściej brany pod uwagę przy projektowaniu na terenach miejskich. Trawniki pełnią w miastach funkcje ochronne tj. pochłanianie zanieczyszczeń czy

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.25

stabilizację podłoża wpływając istotnie na mikroklimat miast [Wolski i in. 2006]. Dlatego powinno się zwrócić szczególną uwagę aby zapewnić odpowiedniej jakości gleby dla aktywności mikrobiologicznej co przełoży się na prawidłowy rozwój i wzrost traw [Napora i Grobelak 2014].

Rozwój miast, a tym samym wzrost liczby mieszkańców, powoduje przyrost ilości odpadów zarówno przemysłowych jak i komunalnych. Powstające osady ściekowe stanowią materię organiczną, którą powinno się zagospodarować środowiskowo jako nawóz lub substrat rekultywacyjny do gleb zdegradowanych. Osady ściekowe posiadają bogatą matrycę składającą się z makro- (azot, fosfor) i mikroelementów, które mogą wpływać na poprawę chemicznych, fizycznych i biologicznych właściwości gleby [Kominko i in. 2022, Jezierska-Tyś i Frąc 2008]. Przemawia to za wykorzystaniem osadów ściekowych w rekultywacji zdegradowanych gleb przestrzeni miejskiej do tworzenia trawników.

Po wprowadzeniu osadu ściekowego do gleb obserwuje się wzrost aktywności mikroorganizmów, co jest związane również ze wzrostem zawartości materii organicznej [Napora i Grobelak 2014]. Bakterie amylolityczne przy użyciu amylaz rozszczepiają wewnętrzne wiązania glikozydowe w cząsteczkach skrobi, wytwarzając cukry. Biorąc pod uwagę miejsce rozszczepienia wiązania glikozydowego, można je podzielić na endoamylazy i egzoamylazy. Endoamylaza katalizuje wiązania w łańcuchu, co prowadzi do upłynnienia skrobi i tworzenia oligosacharydów, podczas gdy egzoamylazy rozrywają co drugie wiązanie glikozydowe [Kucharski i in. 2000]. Mikroorganizmy posiadające zdolność rozkładu glikogenu i skrobi to m.in.: *Clostridium, Bacillus, Pseudomonas, Bacteroides* [Błaszak 2013]. Powstające produkty degradacji skrobi są wykorzystywane przez mikroorganizmy glebowe jako cenne źródło węgla i energii, a roślinom dostarczają związków pokarmowych niezbędnych do wzrostu [Kucharski i in. 2000]. Jak zauważył Nannipieri i in. [2012], rozwijające się rośliny mogą modyfikować populację mikroorganizmów jakie występują w strefie korzeniowej. Związane jest to z faktem, że w trakcie rozwoju roślin, wydzieliny korzeniowe mogą modyfikować populację mikroorganizmów, dostosowując tę aktywność do własnych potrzeb [Xu i in. 2017].

Celem pracy było zbadanie wpływu różnie przetworzonych osadów ściekowych na zmiany aktywności amylolitycznej w glebach zdegradowanych. Aktywność była wyrażona liczbą bakterii amylolitycznych i aktywnością amylaz glebowych. Ponadto na podstawie uzyskanych wyników aktywności enzymatycznej i mikrobiologicznej porównano wybrane właściwości fizyko-chemiczne gleby.

II. MATERIAŁY I METODY

Eksperyment został założony wzdłuż ciągu komunikacyjnego w Białymstoku. Zastosowano dwa rodzaje osadu ściekowego (odwodniony - S1 i termicznie przetworzony - S2). Powierzchnię doświadczalną podzielono na dwie części po 45 m^2 a następnie każdą część podzielono na 9 poletek o powierzchni 5 m^2 każde. Przed aplikacją osadów glebę pobrano do badań i określono właściwości fizyczno-chemiczne oraz zawartość metali ciężkich. Gleba, na której założono eksperyment była glebą lekką o pH w przedziale od 7,6 do 7,9; o zawartości fosforu od 12,2 do 14,6 mg P_2O_5/100 g. Na podstawie rozporządzenia [Dyrektywa...2015] ustalono dawki osadu (0 – kontrola, 14,5 i 29 t s.m./ha). Zostały one zaaplikowane na przygotowane poletka jesienią. Wysiano wtedy także mieszankę traw gazonowych składającą się z kostrzewy czerwonej, życicy trwałej i wiechliny łąkowej. Osady ściekowe wzięte do badań spełniały wymagania ujęte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [Dz.U. 2015 poz. 257].

Analiza mikrobiologiczna i enzymatyczna gleb

Glebę do oznaczenia liczby bakterii amylolitycznych i aktywności amylaz pobrano z głębokości 0-10 cm i włożono do specjalnie przygotowanych pojemników. Oznaczenie bakterii amylolitycznych w strefie ryzosferowej wykonano zgodnie z metodą opisaną przez Rodina [1968]. Bakterie inkubowano w temperaturze 27ºC na pożywce zawierającej 2% skrobi, przez 96 h. Po tym czasie wyrosłe kolonie na płytkach Petriego pokryto płynem Lugola i policzono tylko te bakterie, które tworzyły żółtą strefę. Liczbę kolonii wyrażono jako jtk (jednostki tworzące kolonie) na 1 g suchej masy gleby i korzeni (jtk/g s.m.).

Aktywność amylaz określono na podstawie metody opisanej przez Schinner i Merci [2005] opartej na analizie ilości cukrów redukujących powstałych po enzymatycznej hydrolizie skrobi. Ilość wytworzonych cukrów redukujących oznaczono metodą kolorymetryczną i wyrażono w mg uwolnionej glukozy (Glc).

Analiza statystyczna

Dla uzyskanych parametrów fizycznych i chemicznych wykonano podstawowe statystyki (wartości minimalne i maksymalne, medianę, średnie i odchylenie standardowe) i przedstawiono jako wykresy ramka-wąsy oraz wykresy kolumnowe. Korelację między cechami obliczono za pomocą korelacji Pearsona (przy poziomie istotności ustalonym na poziomie $p<0,05$). W obliczeniach i wykresach użyto pakietu R (R Studio, wersja 2024.09.0+375).

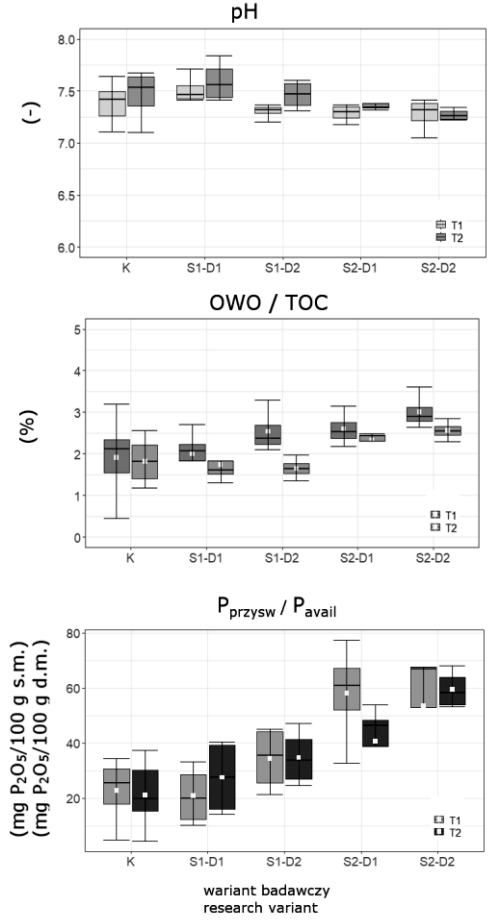
III. WYNIKI I DYSKUSJA

Osady ściekowe ze względu na zawartość składników odżywczych w swoim składzie i ich pozytywny wpływ na właściwości gleb nie powinny być ignorowane. Jak zauważyła Kaźmierczak i Milian [2011] ważnym aspektem osadu ściekowego jest jego skład chemiczny, gdyż po wprowadzeniu go do gleb zdegradowanych powoduje tam przywrócenie życia, tj. mikroorganizmów, fauny glebowej i roślin wyższych. W badaniach własnych po wprowadzeniu S1 i S2 do gleby, dominującą frakcją granulometryczną w glebach był piasek, a jego ilość wahała się od 52 do 68%, podczas gdy zawartość gliny wynosiła od 20 do 39%, a części spławialnych - od 5 do 11%. Wartość pH w czerwcu wynosiła od 7,1 (dla S2 - w dawce 29 t s.m./ha) do 7,7 (S1 w dawce 29 t s.m./ha). Ponadto w październiku wartości pH gleby były podobne do tych w czerwcu i wynosiły od 7,1 (w kontroli) do 7,8 (S1-D1). Gleby w aglomeracjach miejskich charakteryzują się odczynem obojętnym lub zasadowym. Taki stan rzeczy spowodowany jest obecnością pyłów alkalicznych, wapiennych materiałów budowlanych oraz zanieczyszczeń [Michalski 2020]. W badaniach przeprowadzonych przez Szymków i Świtecką [2013] odnotowano wzrost pH gleby po nawożeniu osadami ściekowymi, co związane było z zastosowaniem do stabilizacji i higienizacji osadów, związków wapnia.

Średnia zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO) w glebie po zastosowaniu S1 i S2 została przedstawiona na rysunku (rys. 1). Najwyższe średnie wartości OWO w glebie pobranej w czerwcu zaobserwowano na poletkach z S2 w dawce 29 t DM/ha i wynosiły 3,01% s.m., podczas gdy najniższe stwierdzono dla kontroli (1,91% s.m.). W próbkach gleby pobranych w październiku uzyskane wyniki wskazały, że średnia zawartość OWO była niższa niż w czerwcu we wszystkich wariantach badawczych i wynosiła od 1,65 do 2,56% s.m., odpowiednio dla S1-D2 i S2-D2. Średnie zawartości przyswajalnego fosforu w glebie dla próbek pobranych w czerwcu wahały się od 20,90 do 58,06 mg P_2O_5/100 g s.m., odpowiednio w S1-D1 i S2-D1. W drugim terminie pobrania próbek najwyższą średnią zawartość P_{przysw} w glebie odnotowano w S2-D2 (59,46 mg P_2O_5/100 g s.m.), natomiast najniższą w kontroli

(21,09 mg P_2O_5/100 g s.m.). Generalnie wyższą średnią zawartość dostępnego P odnotowano w glebie wzbogaconej S2 w porównaniu do S1.

Podobne zmiany we właściwościach chemicznych i biologicznych w glebach po aplikacji osadów ściekowych były obserwowane w badaniach prowadzonych przez Napora i Grobelak [2014]. Mohamed i in. [2018] wskazują, że zmiany jakie zachodzą w glebach zależą głównie od pochodzenia osadu ściekowego, składu jak również od jego obróbki.



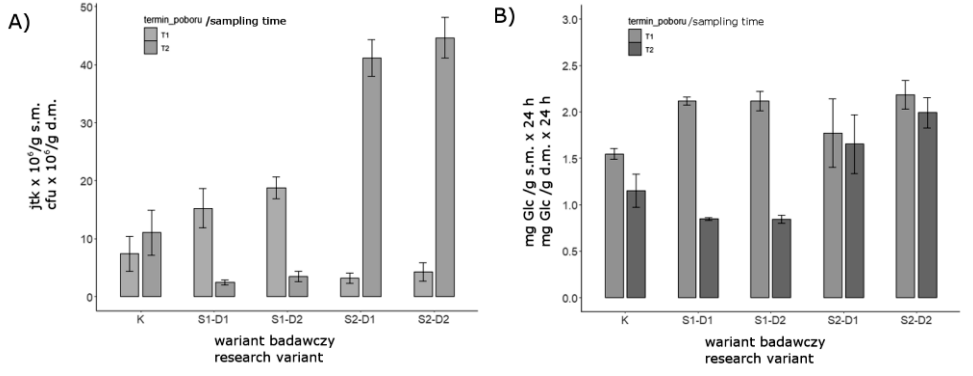
Rys. 1. Główne właściwości fizykochemiczne próbek gleb pobranych w czerwcu (T1) i październiku (T2) z wariantów kontrolnych (K), nawożonych osadami odwodnionymi (S1-D1, S1-D2) i osadami granulowanymi (S2-D1, S2-D2)

***Fig. 1**. Main physico-chemical properties of soil samples collected in June (T1) and October (T2) from control (K) and variants fertilized with dewatered sludge (S1-D1, S1-D2) and granular sludge (S2-D1, S2-D2)*

Jeśli chodzi o zawartość składników odżywczych w glebie, wyniki pokazują, że po zastosowaniu do gleb zarówno osadów ściekowych odwodnionych jak i granulowanych wzrosła zawartość OWO i dostępnego P_{przysw}, ale w przypadku S1 taki wzrost zaobserwowano tylko w lipcu. Różnice w oddziaływaniu badanych substratów mogą być spowodowane różnicą tempa mineralizacji surowego i termicznie przetworzonego osadu ściekowego. Wiater i in.

[2003] podają, że mineralizacja termicznie wysuszonego granulowanego osadu ściekowego zachodzi z mniejszą intensywnością niż w przypadku osadu nieprzetworzonego. Według Mohameda i in. [2018] nawożenie gleby leśnej osadem ściekowym wpłynęło istotnie jedynie na wzrost zawartości fosforu ogólnego. W badaniach Kitczaka i Czyża [2009] wzbogacenie piaszczystej gleby osadem ściekowym w doświadczeniu poletkowym spowodowało wzrost zawartości materii organicznej (o 40%) i fosforu (od 0,1 do 0,5%). Marando i in. [2011] przeprowadzili badania w eksperymencie lizymetrycznym, w którym zastosowali różne rodzaje osadów ściekowych (osady kompostowane i suszone termicznie w temperaturze 80-90ºC) do rekultywacji gleby z czynnego kamieniołomu wapiennego, położonego w Hiszpanii. Po 13 miesiącach dodawania osadów zaobserwowali znaczący wzrost zawartości C (z 0,5 do 1,7% i z 0,5 i 1,9% odpowiednio dla osadów kompostowanych i suszonych) oraz zawartości N (z 0,07 do 0,14% i z 0,07 do 0,11% odpowiednio dla osadów kompostowanych i suszonych). Ponadto autorzy stwierdzili, że zastosowanie osadów kompostowanych w glebie spowodowało znacznie wolniejszy rozkład w porównaniu z osadami suszonymi termicznie. Podobne rezultaty uzyskano w obecnym eksperymencie, w którym zastosowano osady odwodnione charakteryzujące się wyższą intensywnością mineralizacji oraz osady granulowane przetworzone termicznie o niższym stopniu rozkładu.

Wpływ czynników doświadczalnych na średnią liczbę bakterii amylolitycznych w strefie ryzosfery przedstawiono na rysunku (rys. 2A). Średnia liczba badanych bakterii była zróżnicowana, a istotnie najmniejszą wartość odnotowano w październiku w S1-D1 (2,48 x10^6 jtk/g s.m. korzeni i gleby), natomiast największą również w październiku w S2-D2(44,62 x10^6 jtk/g s.m. korzeni i gleby). Istniały istotne różnice w średniej liczbie bakterii amylolitycznych związane z zabiegami i czasem pobierania próbek. Średnia liczba bakterii amylolitycznych była istotnie wyższa w próbkach pobranych w październiku z poletek, do których aplikowano osad granulowany S2 w porównaniu do kontroli i gleby z osadem odwodnionym S1.



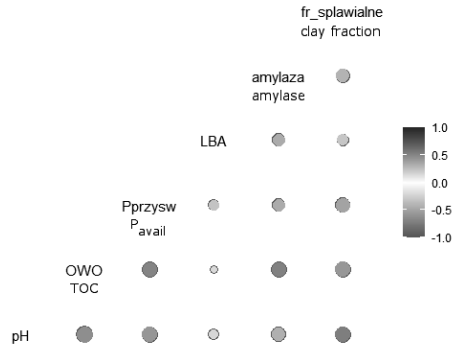
Rys. 2. A) Liczebność bakterii amylolitycznych (LBA) oraz B) aktywność amylazy w próbkach gleb pobranych z wariantów kontrolnych (K), nawożonych osadami odwodnionymi (S1-D1, S1-D2) i osadami granulowanymi (S2-D1, S2-D2)

***Fig. 2**. A) Amylolytic bacteria numbers (LBA) and B) amylase activity in soil samples collected from control (K) and variants fertilized with dehydrated sludge (S1-D1, S1-D2) and granular sludge (S2-D1, S2-D2)*

Średnia aktywność amylaz wahała się od 0,85 do 2,18 mg Glc/(g s.m. × 24 h) odpowiednio w S1-D2 w październiku i S2-D2 w lipcu. Aktywność badanych enzymów różniła się istotnie w zależności od zabiegu i czasu pobierania próbek. Wykazano, że aktywność amylazy była istotnie wyższa w próbkach gleby pobranych w lipcu z S1-D1, S1-D2 oraz S2-D1

w porównaniu do pozostałych wariantów badawczych. Należy wspomnieć, że aktywność amylazy w S1 znacząco spadła w październiku około dwukrotnie w porównaniu do lipca, podczas gdy aktywność amylaz glebowych w S2 była na podobnym poziomie w obu terminach.

Analiza korelacji przedstawiona na rys. 3, wykazała negatywne zależności między aktywnością amylaz glebowych i pH. Ponadto odnotowano pozytywną korelację między aktywnością amylazy i zawartością OWO w glebie. Liczba bakterii amylolitycznych (LBA) była dodatnio skorelowana z zawartością fosforu przyswajalnego w glebie, natomiast ujemnie z pH gleby.



Rys. 3. Korelacja między głównymi właściwościami fizykochemicznymi gleby oraz liczbą bakterii amylolitycznych i aktywnością amylazy w próbkach gleby
Fig. 3*. Correlation between the main soil physicochemical properties and the number of amylolytic bacteria and amylase activity in soil samples*

Aktywność amylolityczna w glebie jest ważną częścią obiegu węgla i energii w środowisku. W opisanych badaniach zastosowanie odwodnionego i termicznie przetworzonego osadu ściekowego do gleby nasiliło aktywność bakterii i enzymów rozkładających skrobię. Dane literaturowe wskazują, że dodatek osadu ściekowego stymulował wzrost mikroorganizmów i zmieniał aktywność enzymów. Kierunek i intensywność modyfikacji zależą od rodzaju substratów, dawki i badanych enzymów [Napora i Grobelak 2014]. Ponadto aktywność mikrobiologiczna gleby jest związana z innymi czynnikami, tj. pH gleby, wilgotnością, temperaturą gleby, zawartością głównego składnika odżywczego w glebie, temperaturą powietrza i opadami atmosferycznymi [Galus-Barchan i Paśmionka 2014].

W prowadzonych badaniach uzyskano ujemną istotną korelację pomiędzy pH a aktywnością amylaz. Odczyn gleby jest ważnym parametrem, który decyduje o procesach biologicznych gleby, zdolności mikroorganizmów do wzrostu, dostępności składników odżywczych i zanieczyszczeń [Rousk i in. 2009]. Jak podają Galus-Barchan i Paśmionka [2014], bakterie tolerują głównie pH gleby w zakresie od 6,5 do 7,5, dlatego wysoka zasadowość gleby może hamować wzrost i aktywność bakterii amylolitycznych. W badaniu uzyskano dodatnią istotną korelację między OWO a aktywnością amylaz, podczas gdy nie stwierdzono istotnej korelacji między liczbą bakterii amylolitycznych a OWO. Według Jorge-Mardomingo i in. [2013] mikroorganizmy mogą zachowywać się inaczej w glebie wzbogaconej osadem ściekowym. Zastosowanie bardzo dużej dawki osadu może zmniejszyć liczbę bakterii. Zależy to od efektywności wykorzystania węgla z osadów ściekowych przez mikroorganizmy oraz ilości nietrwałej i mineralizowalnej frakcji materii organicznej

w mieszaninie gleba-osad. Ponadto rodzime mikroorganizmy mogą lepiej adaptować się w glebie o mniejszej zawartości węgla, podczas gdy duża dawka substratu organicznego może powodować stres. Jurkowski i Błaszczyk [2012] wskazują, że największy wzrost poszczególnych grup mikroorganizmów występuje w określonej temperaturze i wilgotności, gdzie procesy metaboliczne przebiegają najefektywniej. W naszych badaniach aktywność mikroorganizmów amylolitycznych w związku z obróbką osadów ściekowych była zróżnicowana w zależności od okresu wegetacji. Temperatury powietrza i opady deszczu wraz z rodzajem osadu ściekowego mogą modyfikować liczbę bakterii i aktywność enzymów. Walczak i in. [2013] wskazali, że temperatura powietrza reguluje aktywność biologiczną bakterii. Jednak zbyt wysoka temperatura może hamować wzrost i powodować uszkodzenia komórek. Woda jest również ważnym czynnikiem wpływającym na liczbę i aktywność bakterii, a ich wzrost jest hamowany, gdy zawartość wody w glebie wynosi mniej niż 30%. Mikroorganizmy są wrażliwe na suszę glebową, nawet niewielka ilość wody poniżej wartości optymalnej powoduje zahamowanie ich rozwoju.

Aktywność amylolityczna może zależeć od transportu zanieczyszczeń, takich jak metale ciężkie i zanieczyszczenia organiczne. Niektóre metale, np. Ponieważ Cd, Hg nawet w minimalnym stężeniu mają silne działanie bakteriobójcze na wzrost mikroorganizmów. Jednak dostępność mikro- i makroelementów z gleby wzbogaconej jest funkcją warunków klimatycznych w okresie wegetacji, dawki osadu ściekowego i stosunku węgla do azotu [Gondek 2012]. Podsumowując, gleba na terenach zurbanizowanych charakteryzuje się specyficznymi warunkami siedliskowymi dla mikroorganizmów. Jak podają Frączak [2010] i Tyszkiewicz [2014], wszelkie zmiany właściwości gleby wpływają na relacje biotyczne między mikroorganizmami. Dlatego mikroorganizmy glebowe i aktywność enzymów są uważane za najbardziej podatne czynniki na zmianę parametrów środowiskowych.

IV. PODSUMOWANIE

Aplikacja do gleb odwodnionych i termicznie wysuszonych osadów ściekowych spowodowała zmiany w zawartości OWO oraz przyswajalnego fosforu. Zaobserwowano wyższe wartości OWO, i przyswajalnego P w glebie po aplikacji osadów odwodnionych w czerwcu, natomiast wzrost przyswajalnego P w glebie z osadami granulowanymi w październiku.

Czas pobierania próbek wpłynął na liczbę bakterii amylolitycznych i aktywność amylaz w glebie. W przypadku gleby z odwodnionymi osadami ściekowymi stwierdzono istotnie wyższą aktywność amylolityczną w czerwcu, natomiast w glebie z osadami termicznie wysuszonymi parametry te były wyższe w październiku.

Stwierdzono istotną ujemną korelację między aktywnością amylaz a pH gleby oraz dodatnią korelację między OWO i P przyswajalnym i aktywnością amylaz. Liczba bakterii amylolitycznych korelowała dodatnio z P przyswajalnym i ujemnie z pH.

BIBLIOGRAFIA

1. Błaszak M. 2013. Rozprzestrzenienie w środowisku mikroorganizmów biodegradujących symazynę. Szczecin, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego. 87 ISBN 978-83-7663-164-6 https://hdl.handle.net/20.500.12539/1725.
2. Frączek K. 2010. Skład mikrobiocenotyczny drobnoustrojów biorących udział w procesach przemian azotu w glebie w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych. Woda-środowisko-Obszary Wiejskie. 10 (2). 61-71.

3. Galus-Barchan A, Paśmionka I. 2014. Występowanie wybranych mikroorganizmów wglebie na obszarze Puszczy Niepołomickiej ze szczególnym uwzględnieniem grzybów pleśniowych. Polish Journal of Agronomy. 17. 11-17.
4. Gondek K. 2012. Wpływ nawożenia nawozami mineralnymi, obornikiem od trzody chlewnej i komunalnymi osadami ściekowymi na plon i niektóre wskaźniki jakości ziarna pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.). Acta Agrophysica. 19(2). 289-302.
5. Jezierska-Tyś S., Frąc M. 2008. Effect of sewage sludge on selected microbiological and biochemical indices of soil fertility in view of domestic and world wide studies: a review. Acta Agrophysica. 12(2). 393-407.
6. Jorge-Mardomingo I., Solver-Rovira P., Casermeiro M.A., de la Cruz M.T., Polo A. 2013. Seasonal changes in microbial activity in a semiarid soil after application of a high dose of different organic amendments. Geoderma. 206. 40-48.
7. Jurkowski M., Błaszczyk M. 2012. Charakterystyka fizjologiczno-biochemiczna bakterii fermentacji mlekowej. Kosmos. Problemy nauk biologicznych. 61(3), 493-504.
8. Kaźmierczak U., Milian A. 2011. Możliwości i uwarunkowania wykorzystania komunikacji osadów ściekowych do odtwarzania warstwy urodzajnej w procesie rekultywacji. Górnictwo Odkrywkowe. 52(1-2). 116-121.
9. Kitczak T., Czyż H. 2009. Przydatność osadów komunalnych i mieszanek trawnikowych do zadarniania gruntów bezglebowych. Rocznik Ochrona Środowiska. 11. 465-472.
10. Kominko H., Gorazda K., Wzorek Z. 2022. Effect of sewage sludge-based fertilizers on biomass growth and heavy metal accumulation in plants. Journal of Environmental Management. 305. 114417. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114417.
11. Marando G., Jiménez P., Hereter A., Julià M., Ginovart M., Bonmati M. 2011. Effects of thermally dried and composted sewage sludges on the fertility of residual soils from limestone quarries. Applied Soil Ecology. 49. 234-241.
12. Michalski K. 2020. Post-industrial areas management and evaluation with a view to redevelopment - case study. Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska. 148. 483-495. https://doi.org/10.29119/1641-3466.2020.148.35.
13. Mohamed B., Olivier G., François G., Laurence A. S., Bourgeade P., Badr A.S., Lotfi A. 2018. Sewage sludge as a soil amendment in a Larix decidua plantation: Effects on tree growth and floristic diversity. The Science of the total environment. 621. 291-301. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.283.
14. Napora A., Grobelak A. 2014. Wpływ osadów ściekowych na aktywność mikrobiologiczną i biochemiczną gleby. Inżynieria i Ochrona Środowiska. 4. 619-630.
15. Nawaz M.F., Bourrié G., Trolard F. 2013. Soil compaction impact and modelling. A review. Agronomy for Sustainable Development. 33. 291-309. https://doi.org/10.1007/s13593-011-0071-8.
16. Niedbała M., Smolińska B., Król K. 2010. Zanieczyszczenia gleb miejskich miasta Łodzi wybranymi pierwiastkami śladowymi. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej. Chemia Spożywcza i Biotechnologia. 74. 29-38.
17. Rodina A. 1968. Mikrobiologiczne metody badania wód. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
18. Rousk J., Brookes P.C., Baath E. 2010. Investigating the mechanisms for the opposing pH relationships of fungal and bacterial growth in soil. Soil Biology & Biochemistry. 42. 926-934.
19. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2015 poz. 257).

20. Sarkodie E.K., Jiang L., Li K., Yang J., Guo Z., Shi J., Deng Y., Liu H., Jiang H., Liang Y., Yin H., Liu X. 2022. A review on the bioleaching of toxic metal(loid)s from contaminated soil: Insight into the mechanism of action and the role of influencing factors. Frontiers in microbiology, 13. 1049277. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1049277.
21. Schinner F., Mersi von W. 1990. Xylanase-, CM-cellulase- and invertase activity in soil, an improved method. Soil Biology and Biochemistry. 22. 511-515.
22. Szymków J., Świtecka M. 2013. Granulacja zhigienizowanych osadów ściekowych. Inżynieria i Aparatura Chemiczna. 3. 262-263.
23. Tyszkiewicz Z. 2014. Zróżnicowanie zbiorowisk grzybów wybranych gleb odwodnionych siedlisk bagiennych w dolinie rzeki Biebrzy. Inżynieria Ekologiczna. 40. 55-64.
24. Walczak M., Burkowska A., Brzezinska M., Kalwasińska A. 2013. Podstawy mikrobiologii w teorii i praktyce. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Toruń.
25. Wiater J., Łukowski A., Fitko H., Stelmach S., Sobolewski A., Figa J. 2003. Wstępne badania aplikacyjne granulowanych nawozów organiczno-mineralnych na bazie osadów ściekowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Inżynieria Środowiska. 16(2). 233-237.
26. Wolski K., Kotecki A., Spik Z., Chodak T., Bujak H. 2006. Ocena wstępna możliwości wykorzystania kilkunastu gatunków traw w stabilizacji skarp obwałowań składowiska „Żelazny Most" w Rudnej. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. 545. 293-299.

AMYLOLYTIC ACTIVITY OF SOIL DEGRADED AFTER SEWAGE SLUDGE APPLICATION

Summary

The aim of this study was to analyse the effect of dehydrated and thermally treated sewage sludge on the amylolytic activity of degraded soils. Amylase activity and amylolytic bacterial abundance in the rhizosphere of grasses were monitored twice during the growing season in June and October in the first year after sludge application. The highest number of amylolytic bacteria was observed in October from variants to which S2 was applied at a rate of 29 t DM/ha and was 44.62 × 10^6 cfu/g DM of soil. The amylolytic activity in soil treated with S1 the highest average value has been reached in June - 2.12 mg Glc/g d.m. × ·24 h, while in soil treated with S2 it was stable during in studied period from 1.65 to 2.18 mg Glc/g d.m.·24 h.

Keywords: amylase, granular sludge, mechanically dehydrated sludge, amylolytic bacteria

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 241-250. rok 2024

WOJCIECH ZYSK

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, e-mail: *zyskw@uek.krakow,pl*

KOLOROWE ŁABĘDZIE, INNOWACJE, TECHNOLOGIA. ROLA NOWYCH CZYNNIKÓW WYTWÓRCZYCH

Współczesny świat jest coraz mniej zrozumiały dla człowieka i dla biznesu. Mówi się, że żyjemy w wieku nieciągłości. Ciągłe perturbacje otoczenia skłaniają do stwierdzenia, że mierzymy się z chaotycznym modelem prowadzenia biznesu, w tym międzynarodowego. Doświadczamy zdarzeń nieoczekiwanych i nieprzewidywalnych, które mają jednak wpływ na gospodarki i życie społeczne. Występują napięcia pomiędzy wiedzą o zjawiskach i problemach a fachową wiedzą o metodach zapobiegania czy rozwiązywania trudności, jak i przewidywania zdarzeń. Generuje to niepewność modeli biznesowych w gospodarce światowej. „Mutujące łabędzie" sprawiają, że pokojowa dywidenda (zysk z ograniczenia zbrojeń) maleje, a procesy globalizacyjne cofają się. Wdrażane innowacje, zwłaszcza technologiczne, stają się wyzwaniem dla biznesu. Poszczególne kraje mierzą się z nierównościami w rozwoju społeczno-gospodarczym w zależności od struktury gospodarczej, możliwości technicznych i technologicznych, etapu rozwoju i poziomu nakładów na badania. Dotychczasowe źródła i czynniki trwałej przewagi konkurencyjnej, czyli zasoby naturalne (np. ziemia), zasoby kapitałowe, zasoby ludzkie (praca) i przedsiębiorczość – czyli czynniki wytwórcze są zastępowane przez innowacje i rozwiązania technologiczne. Niektóre z nich, na przykład sztuczna inteligencja (AI), mogą stać się zarówno przydatnym narzędziem w bardziej zrównoważonym rozwoju gospodarczym, jak i bronią.

Słowa kluczowe: wiek nieciągłości, wielki rozpad, ewolucja czynników wytwórczych, nagłe zdarzenia („mutujące łabędzie")

I. WSTĘP

W historii rozwoju cywilizacji, nie tylko w wymiarze gospodarczym, ogromną rolę odgrywały nowe, często przełomowe wynalazki, technologie czy idee. Ich pojawienie się powodowało najczęściej krótkookresowe zawirowania, niepewność czy konieczność szybkich zmian i dostosowania się do dynamicznego otoczenia gospodarczego. Pomiędzy długimi okresami przewidywalnej stabilności – często kilkudziesięcioletnimi – pojawiały się nagłe, niespotykane wcześniej zjawiska, nazywane „nieciągłościami" procesów rozwojowych. Miały (i nadal mają) ogromny wpływ na ludzkość, biznes czy środowisko przyrodnicze. Jest tylko zasadnicza różnica: obecnie te nieciągłości pojawiają się znacznie częściej, wywołując efekt chaosu i międzynarodowych perturbacji. Wydaje się, iż należy zgodzić się z tezą P. Płoszajskiego [2005], iż „o losach świata (w tym także świata biznesu) decydowały zawsze zdarzenia, które w świetle aktualnych przekonań 'nie miały prawa się wydarzyć' – w każdym razie tak szybko". Pojawienie się Internetu (który zamienił się w globalną platformę wymiany myśli, informacji, towarów, usług czy kapitału), gwałtowny rozwój sektora ICT (*Information and Communication Technology*), zmiany klimatyczne i ich narastające skutki, lokalne i regionalne konflikty zbrojne, pandemie

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.26

(w tym Covid-19), zmiany struktur organizacyjnych biznesu, globalne kryzysy finansowe, problemy związane z migracjami ludności oraz inne zjawiska, np. rozwój sztucznej inteligencji (AI – *Artificial Intelligence*) powodują szereg zawirowań i trudności związanych z prowadzeniem biznesu, w tym międzynarodowego. Jednym z wielu wyzwań, przed którym stoją współczesne firmy jest proces zdobywania, agregowania i wykorzystywania dostępnej wiedzy technicznej i technologicznej. Dotychczasowe źródła i czynniki trwałej przewagi konkurencyjnej, czyli zasoby naturalne (np. ziemia), zasoby kapitałowe, zasoby ludzkie (praca) i przedsiębiorczość – czyli czynniki wytwórcze są zastępowane przez innowacje i rozwiązania technologiczne. Sztuczna inteligencja może stać się zarówno przydatnym narzędziem w bardziej zrównoważonym rozwoju gospodarczym, jak i niebezpieczną bronią.

Celem artykułu jest wskazanie, w jaki sposób wspomniane nowe czynniki wytwórcze mogą być wykorzystane jako przydatne narzędzie zarówno w niwelowaniu dotychczasowych, negatywnych skutków działalności człowieka na Ziemi, jak i zapobieganiu dalszym zmianom w środowisku przyrodniczym.

II. METODYKA BADAŃ

W niniejszym artykule zastosowano różne metody badawcze, w tym studia literatury przedmiotu (bezpośrednia literatura zagadnienia), analizę tekstów źródłowych (analizy treści i metoda syntezy), metodę wnioskowania logicznego, rozumowanie dedukcyjne, metody analizy dokumentowej i krytycznej, analizę deskryptywną oraz analizę porównawczą. Autor podzielił się też własną wiedzą i doświadczeniem w zakresie biznesu międzynarodowego oraz przemyśleniami związanymi z przeprowadzonymi szkoleniami polskich przedsiębiorców-eksporterów (w tym zaproponowano autorski podział „mutujących łabędzi"). Wykorzystano też prace i materiały dostępne w źródłach internetowych.

III WYNIKI

Mutujące łabędzie

Warto w tym miejscu podjąć próbę klasyfikacji różnych gwałtownych wydarzeń mogących mieć wpływ na gospodarkę światową. Pandemie i inne zjawiska tego typu - np. różne rodzaje kryzysów - mające negatywny (ale nie tylko) wpływ na gospodarki zostały nazwane przez N. N. Taleba mianem „czarnych łabędzi" [Taleb 2020]. To zdarzenia nieoczekiwane, nietypowe, nieprzewidywalne, bardzo mało prawdopodobne, nic w przeszłości nie wskazywało na możliwość ich wystąpienia. Kiedy już nastąpią, mają ogromny wpływ na gospodarki i życie społeczne, a po ich wystąpieniu niektórzy twierdzą, że jednak można je było przewidzieć… Mogą mieć również pozytywny wpływ na otoczenie, gdy są to na przykład innowacje, wynalazki, korzystne inwestycje czy odkrycia naukowe. Natomiast pandemie to przykład, gdy skutki są oczywiście negatywne. Można też wskazać inne kolory tzw. „łabędzi"- i tak „zielone łabędzie" mogą odnosić się do zmian klimatycznych - odbywają się nawet międzynarodowe konferencje „Green Swan" [BIS 2023]. Kolejnym „łabędziem" może być „czerwony łabędź", powiązany z wojnami, konfliktami zbrojnymi w skali światowej lub regionalnej. Następne autorskie propozycje to „łabędź" koloru żółtego, powiązany z wielkimi ruchami ludności i migracjami ekonomicznymi; „niebieski łabędź" związany z nieoczekiwanymi zdarzeniami generowanymi przez technologie cyfrowe, sztuczną inteligencję czy zmiany w tzw. cybermentalności zarówno strony popytowej, jak i podażowej. Co ciekawe – skutkiem rozwoju pandemii Covid-19 były gwałtowne zmiany w zakresie rozwoju technologii informacyjnej i komunikacyjnej (ICT). Można powiedzieć o prawdziwej transformacji cyfrowej i jej rozwoju w bardzo wielu aspektach działalności biznesowej oraz w handlu międzynarodowym (odchodzenie od tzw. analogowej gospodarki na rzecz cyfrowej, zdigitalizowanej – w tym rozwój

zawierania umów na odległość, nowoczesnych usług biznesowych i szeroko pojętego obszaru Industry 4.0 oraz rozwój tzw. pracy zdalnej).

Wyobraźmy sobie przykładowy, ale krytyczny problem (poruszany już zresztą w literaturze, przykładowo: [Huang i in. 2024]) - na skutek gwałtownych zmian klimatu i globalnego ocieplenia następuje gwałtowne topnienie lodów Grenlandii i Antarktydy. Powoduje to skutki w postaci podnoszenia się poziomu oceanów i zmiany w cyrkulacjach prądów morskich. Prognozuje się realną groźbę zalania terenów zamieszkanych przez dużą liczbę ludności, np. obszary nadmorskie, miasta, porty morskie, specjalne strefy ekonomiczne, ekosystemy i inne ważne obszary. Taka sytuacja naturalnie rodzi następujące pytania: co stanie się z portami morskimi, przez które przechodzi lwia część towarów w handlu międzynarodowym? Co stanie się ze specjalnymi strefami ekonomicznymi, które często ulokowane są blisko portów morskich? Czy zwiększy się liczba uchodźców ekonomicznych? Jak wpłyną następstwa zmian klimatycznych na codzienne życie? Na ceny towarów w wymianie handlowej, w tym żywności? Na dostęp do pitnej wody czy energii elektrycznej? Nie jest to hipotetyczny, wymyślony problem. Warto zauważyć, iż terytoria zależne i państwa wyspiarskie, takie jak Pitcairn Islands, Marshall Islands, Kiribati, Tuvalu czy Nauru [Lincke i Hinkel 2021], ale też kraje Azji Południowo-Wschodniej w pierwszej kolejności narażone są na skutki związane z podnoszeniem się poziomu oceanów. Co ciekawe pojawiają się naukowe opracowania dotyczące ochrony krajów europejskich, w tym Francji, Niderlandów, Wielkiej Brytanii, Danii, Norwegii oraz krajów mających dostęp do Bałtyku, a więc również Polski. Projekt północnoeuropejskiej tamy ogrodzeniowej (NEED - *Northern European Enclosure Dam*) ma chronić ponad 25 milionów ludzi i ważnych regionów gospodarczych przed wzrostem poziomu morza. Wstępny koszt to 0,5 bln EUR. Wizja wydawać się może na pierwszy rzut oka przytłaczającym i nierealnym rozwiązaniem. Jednak badania sugerują, że NEED jest potencjalnie korzystne finansowo, także pod względem skali, skutków i wyzwań w porównaniu z alternatywnymi rozwiązaniami, takimi jak migracje i działania na rzecz ochrony poszczególnych krajów [Groeskamp i Kjellsson 2020].

Niepewność modeli biznesowych

Wspomniane powyżej różnego rodzaju perturbacje mają wpływ na modele biznesowe i cenowe przedsiębiorstw działających zarówno na rynku krajowym, jak i na rynkach międzynarodowych. Menedżerowie zadają sobie następujące pytanie: jakie są możliwe kierunki i sposoby działań oraz narzędzia pomocne w sprostaniu temu trudnemu wyzwaniu, czyli jak prowadzić biznes w świecie, którego nie rozumiemy? Obserwuje się napięcia pomiędzy posiadaną wiedzą o istniejących problemach i nadchodzących zjawiskach a fachową wiedzą o możliwych sposobach rozwiązania tych problemów i odpowiedzialnych, właściwych reakcjach na te zjawiska. Taka sytuacja powoduje ciągłą konieczność modyfikacji modeli biznesowych, co w efekcie rodzi poczucie ich nietrwałości i niepewności zakładanych planów rozwoju firm. W obliczu powtarzających się, globalnych zjawisk typu kryzysy finansowe, zmiany klimatyczne, pandemie, wojny, kryzysy migracyjne przedsiębiorcy zauważają, iż tzw. pokojowa dywidenda maleje (zysk z ograniczenia zbrojeń), a procesy globalizacyjne cofają się, np. rozwój protekcji rynków [Baldwin i in. 2024] czy zmiany globalnych łańcuchów wartości [Thakur-Weigold i Miroudot 2024]. Rozpoczyna się coś, co można nazwać Wielkim Rozpadem [Michałek i Woźniak 2020]: odwrócenie globalizacji, załamanie się globalnych działań zbiorowych, nawrót nacjonalizmu i groźby wybuchu wielkich wojen [Mohr 2024]. Można zadać kluczowe pytanie: jak w tak skomplikowanym otoczeniu biznesowym ma działać przedsiębiorca? Jak ma prowadzić biznes eksporter, importer, inwestor? Odpowiedzią na to jest wdrożenie strategii innowacji [Runiewicz 2022, Amit i Zott 2020], dywersyfikacja ryzyk [Wang 2023] oraz podejmowanie prób

zapobiegania ewentualnym stratom wynikającym ze zmian warunków prowadzenia biznesu [Mignon i Bankel 2023].

Z doświadczeń biznesowych i szkoleniowych (współpraca w różnych międzynarodowych i krajowych projektach, cykle szkoleń przedsiębiorców i eksporterów w zakresie handlu zagranicznego) autora niniejszego opracowania wynika, iż polscy przedsiębiorcy powinni znaleźć odpowiedzi na następujące pytania: na czym polega nasz model biznesowy? Na czym zarabiamy? Jak się to może/musi zmienić? Na czym zaczniemy/przestaniemy zarabiać? Co może zdarzyć się nieprawdopodobnego (lub nastąpi wcześniej, niż się spodziewamy…) i zmieni to nasz model biznesowy i zagrozi mojemu biznesowi? Dodatkowo bardzo ważne pytanie: kiedy ostatnio wdrożona była jakaś innowacja? Wiele firm podupada lub znika w efekcie braku innowacji… Warto przypomnieć modele przykładowych innowacji: introdukcja nowego produktu (wprowadzenie nowatorskiego towaru, usługi, z którym klienci nie mieli jeszcze styczności), introdukcja nowego sposobu wykonywania produktu, otwarcie nowego rynku – dywersyfikacja ryzyka, pozyskanie dotąd nieznanego źródła surowców lub półfabrykatów czy nowe struktury w firmie, czyli reorganizacja [Ziemnowicz 2020].

Nowoczesne technologie

Jednym z wielu wyzwań, przed którymi stoją współczesne przedsiębiorstwa jest proces zdobywania, agregowanie i selekcja wiedzy technicznej, a przewaga technologiczna ułatwia rywalizację konkurencyjną między uczestnikami rynku. Dynamika współczesnego postępu technologicznego powoduje, iż jeden podmiot nie jest w stanie opracować i wytworzyć wszystkich technologii kluczowych do prawidłowego funkcjonowania biznesu. W związku z tym istnieje konieczność pozyskiwania z zewnątrz określonych elementów lub podejmowania współpracy celem ich wytworzenia. Transfer technologii oznacza przekazywanie nowo nabytej wiedzy, produktów lub procesów z jednej organizacji do drugiej w celu uzyskania korzyści biznesowych i zwiększenia konkurencyjności. Występuje on jako zjawisko silnie kontekstowe, zależne od różnych czynników zewnętrznych, takich jak struktura gospodarcza, możliwości technologiczne i badawcze [Švarc i Dabić 2019]. Transfer technologii, czyli proces zasilania rynku nowymi technologiami wymaga szczególnego rodzaju komunikowania się. Występują pętle sprzężeń zwrotnych między nadawcami i odbiorcami wiedzy oraz nowość rozwiązań technologicznych i organizacyjnych [Gródek-Szostak 2023]. O ważności transferu technologii w gospodarce przesądza również fakt, iż Konferencja Narodów Zjednoczonych ds. Handlu i Rozwoju (UNCTAD), w 1985 roku w Genewie, podjęła próby stworzenia zbioru zasad obowiązujących podczas międzynarodowego transferu technologii, określonych jako *International Code of Conduct on the Transfer of Technology.* Sam proces upowszechniania transferu technologii odnosi się do cyklu opisującego, w jaki sposób innowacja (np. nowy pomysł, informacja, technologia) rozprzestrzenia się w czasie. Wielu praktyków biznesu poszukiwało odpowiedzi na pytanie, jakie czynniki indywidualne, społeczne, kulturowe, ekonomiczne i technologiczne wpływają na dynamikę upowszechniania innowacji w kontekście nowoczesnych technologii [Krawczyk-Sokołowska i in. 2020]. Szereg wdrażanych innowacji, zwłaszcza tych technologicznych staje się poważnym wyzwaniem dla biznesu. Dynamika współczesnego postępu generuje kolejną dawkę niepewności, gdyż w zależności od struktury gospodarczej, możliwości technicznych i technologicznych, etapu rozwoju, poziomu nakładów na badania i rozwój (% przeznaczanego PKB na badania i rozwój) poszczególne kraje mierzą się z nierównościami w rozwoju społeczno-gospodarczym. Według najnowszych danych Banku Światowego z roku 2021 (z 2022 dane są niepełne) krajem o najwyższych nakładach PKB na badania i rozwój jest Izrael (5,6 %). Kolejne miejsca zajmują Republika Korei (4,9 %) oraz USA

(3,5 %). W tabeli (tab.1) zaprezentowano pierwszą dwudziestkę krajów przodujących w tym zakresie.

Tabela 1 – *Table 1*

Kraje (lub grupy krajów) wg najwyższych nakładów PKB na badania i rozwój; w %, 2021. Źródło: Research and development expenditure (% of GDP) | Data (worldbank.org), data dostępu 26.09.2024
Countries (or groups of countries) by the highest GDP expenditure on research and development; in %, 2021. Source: Research and development expenditure (% of GDP) | Data (worldbank.org), access date 26/09/2024

	Kraj / *Country*			Kraj / *Country*	
1	Izrael	5,6	11	Wielka Brytania	2,9
2	Rep. Korei	4,9	12	Dania	2,8
3	USA	3,5	13	Islandia	2,8
4	Belgia	3,4	14	świat	2,7
5	Szwecja	3,4	15	UE	2,3
6	Szwajcaria	3,4	16	France	2,2
7	Japonia	3,3	17	Słowenia	2,1
8	Austria	3,3	18	Czechy	2,0
9	Niemcy	3,1	19	Norwegia	1,9
10	Finlandia	3,0	20	Estonia	1,8

Nowe czynniki przewagi konkurencyjnej

Dotychczasowe źródła i czynniki trwałej przewagi konkurencyjnej, czyli zasoby naturalne (np. ziemia), zasoby kapitałowe, zasoby ludzkie (praca) i przedsiębiorczość – czyli czynniki wytwórcze są zastępowane przez innowacje i rozwiązania technologiczne. Niektóre z nich, jak na przykład sztuczna inteligencja (AI) mogą stać się zarówno przydatnym narzędziem w bardziej zrównoważonym rozwoju gospodarczym, jak i niebezpieczną cyberbronią, również w przemyśle czy w zakresie informacyjnym. Zagrożenia dotyczą następujących obszarów: świadome naruszenia prawa, możliwe naruszenia wolności i godności, *fake news* (również w social mediach), naruszenia kulturowej różnorodności, służenie tylko jednej organizacji, służenie tylko jednemu państwu, wyścig zbrojeń i budowa broni autonomicznej, wywoływanie nowych konfliktów zbrojnych. Brak ram etycznych i prawnych może sprawić, że algorytmy (czyli w rzeczywistości maszyna zaprogramowana przez człowieka…) jeszcze bardziej niż dotychczas będą wpływać na nasze wybory i decyzje, w tym biznesowe. Elon Musk powiedział niegdyś, że sztuczna inteligencja jest bardziej niebezpieczna niż bomba atomowa. Musk wystosował list otwarty, w którym zgłosił postulat, aby na jakiś czas wstrzymać prace rozwojowe nad AI. Chodzi o wypracowanie i wdrożenie w tym czasie narzędzi, które mogłyby uchronić nas przed negatywnymi skutkami nieuregulowanego rozwoju sztucznej inteligencji [Buła i Niedzielski 2021]. Unia Europejska już od jakiegoś czasu szukała rozwiązań prawnych w tym zakresie. [Europarl 2024]. 12 lipca 2024 Rozporządzenie o sztucznej inteligencji (AI Act) zostało opublikowane w dzienniku urzędowym Komisji Europejskiej. Ten kluczowy dokument określa ramy regulacyjne dla rozwoju, wdrażania i użytkowania sztucznej inteligencji na terenie Unii Europejskiej. Polskie Ministerstwo Cyfryzacji pracuje już nad projektem ustawy, która pozwoli na stosowanie AI Act w Polsce [gov.pl 2024].

Co AI może dać biznesowi, w tym międzynarodowemu? Według raportu „Becoming an AI-fueled organization" Deloitte Insights firmy wykorzystują następujące możliwości:

- uczenie maszynowe: można nauczyć komputer analizy danych, identyfikacji ukrytych wzorców, klasyfikowania i prognozowania wyników; z tego rozwiązania korzysta obecnie 67% respondentów badanych przez Deloitte;

- głębokie uczenie: „deep learning" uczenie maszynowe, oparte na koncepcji tworzonych w ludzkim mózgu sieci neuronowych; proces uczenia jest „głęboki", bo struktura sztucznych sieci neuronowych składa się z wielu połączonych warstw; 54% badanych twierdzi, że już korzystają z tej technologii;
- przetwarzanie języka naturalnego (NLP): jest to zdolność do wydobywania znaczenia i zamiaru z tekstu w czytelnej, naturalnej stylistycznie i poprawnej gramatycznie formie; 58% respondentów już korzysta z NLP;
- widzenie komputerowe: jest to zdolność do wydobywania znaczenia i zamiaru z elementów wizualnych w postaci znaków, (w digitalizacji dokumentów) lub obrazów (twarzy, przedmiotów, scen i działań) w celu kategoryzacji ich treści; 56 proc. badanych twierdzi, że już korzystają z tej funkcji.

Firmy, które już zdobyły przewagę konkurencyjną dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji bazowały na:

- rozwijaniu kreatywnych zastosowań: to dążenie do generowania wartości niezwiązanej z wydajnością i pobudzanie kreatywności wykorzystania aplikacji na bazie sztucznej inteligencji, równoważenie procesów ewolucji i transformacji;
- racjonalizacji konsumpcji: rosnąca liczba dostawców nowych rozwiązań, platform i technologii wymaga usprawnienia procesów oceny możliwości zakupu;
- aktywnym przeciwdziałaniu ryzyku: to niedopuszczanie do tego, by ryzyko związane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji spowodowało rezygnację z jej stosowania. Tworzenie standardów korzystania ze sztucznej inteligencji, budowanie zaufania klientów i partnerów [Deloitte Insights 2022].

Sztuczna inteligencja oferuje wiele możliwości wsparcia biznesu, zarówno w aspektach operacyjnych, jak i strategicznych. Implementacja AI w różnych obszarach działalności może przyczynić się do zwiększenia efektywności, optymalizacji procesów, lepszego zrozumienia potrzeb klientów oraz zwiększenia zadowolenia pracowników.

Innowacyjne czynniki wytwórcze

Konkurencyjność przedsiębiorstwa zarówno na rynku krajowym, jak i na rynkach międzynarodowych zależy od wielu czynników wytwórczych. Klasyczne z nich to kapitał, siła robocza, dostęp do surowców oraz poziom rozwoju infrastruktury. Kapitał służy do finansowania inwestycji i rozwoju firmy. Siła robocza ma wpływ na wydajność i jakość produkcji. Dostęp do odpowiednich surowców jest kluczowy dla wielu branż, a infrastruktura, czyli transport, logistyka, telekomunikacja (sektor ICT) czy zasoby energetyczne są niezbędne do dochodowego funkcjonowania firm. Coraz większe znaczenie zyskują nowe czynniki wytwórcze, takie jak wiedza, nowoczesne technologie (w tym AI) i kapitał intelektualny – co umożliwia rozwój automatyzacji, cyfryzacji, optymalizacji procesów, a w efekcie przekłada się na większą efektywność. Wiedza staje się kluczowym czynnikiem dla rozwoju przedsiębiorstw, ponieważ umożliwia tworzenie innowacyjnych produktów i usług oraz wprowadzanie nowych rozwiązań na rynku [Szymanik 2016]. Wykorzystanie tych nowych, innowacyjnych czynników wytwórczych już obecnie odgrywa dużą rolę np. biznesie międzynarodowym (transport towarów i świadczenie usług, zwłaszcza na odległość oraz w projektowaniu i rozwoju procesów, produktów, technologii i know-how), a także w szeroko pojętej ochronie środowiska naturalnego i zachowaniu ekosystemów. Dotyczy to w szczególności zużycia i wydajność zasobów, efektywności wykorzystania energii, wykorzystania energii z odnawialnych źródeł, zużycia wody, ścieków (monitorowania, wytwarzania i oczyszczania), odpadów (wytwarzania i zagospodarowania) czy środowiskowych efektów działalności. Algorytmy pomagają również w śledzeniu populacji zagrożonych gatunków, analizowaniu ich

siedlisk i przewidywaniu potencjalnych zagrożeń wynikających ze zmian klimatycznych. Tzw. ekologiczne AI to koncepcja wykorzystywania sztucznej inteligencji w sposób zrównoważony i przyjazny dla środowiska.

Poniżej inne przykłady zastosowania tego nowoczesnego, innowacyjnego czynnika wytwórczego:

- dzięki AI możemy zmniejszyć emisję spalin - Google's AI Stoplight Program [engadget.com 2024],
- skuteczne monitorowanie i analiza danych pochodzących z gospodarstw rolnych (algorytm AI „FarmBeats" firmy Microsoft) – projekt zmierza w kierunku zrównoważonego rolnictwa [microsoft.com 2024],
- przy użyciu AI prowadzone są prace nad zmniejszeniem zużycia wody w rolnictwie [energiadlawsi.pl 2024],
- AI pomaga monitorować odbudowę ekosystemów,
- AI pomaga monitorować poziom mórz i oceanów,
- projekty AI wspierające bioakustykę ekosystemów lasów - to szczególnie ważny problem, ponieważ wycinanie lasów, nasilone w obszarach Amazonii w Ameryce Płd. oraz w regionie Azji Płd.-Wsch. prowadzi do znaczącej utraty siedlisk zwierząt i spadku bioróżnorodności oraz przyczynia się do globalnych zmian klimatycznych,
- systemy AI mogą optymalizować zużycie energii w budynkach i fabrykach, minimalizując emisję szkodliwych gazów [ceo.com.pl 2024],
- AI pomaga w ochronie bioróżnorodności [teraz-srodowisko.pl 2024],
- AI pomaga w przewidywaniu rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych ze zwierząt na ludzi [wwf.pl 2024],
- przy zastosowaniu AI prowadzone są prace związane z poszukiwaniem nowych leków, w tym antybiotyków [aioai.pl 2024],
- AI pomaga w śledzeniu rozprzestrzeniania się inwazyjnych gatunków roślin [CAsfera.pl 2024],
- optymalizacja - przy użyciu algorytmów AI - pracy instalacji dekarbonizujących (wychwytywanie CO_2) - technologia carbon capture [magazynbiomasa.pl 2024].

Jak można zaobserwować powyżej lista przykładów praktycznego zastosowania możliwości sztucznej inteligencji we wspieraniu działań człowieka mających na celu ochronę środowiska naturalnego jest imponująca. Miejmy nadzieję, iż AI jako nowoczesny, innowacyjny i perspektywiczny czynnik wytwórczy przyczyni się uratowania Ziemi od zagłady ekologicznej.

AI a „Horyzont Europa"

Już w roku 2017 profesor Stephen Hawking i prezes Tesli Elon Musk alarmowali, iż ludzie muszą się właściwie przygotować do nadejścia wysoce zaawansowanej sztucznej inteligencji. Grupa innowatorów zafascynowanych tym tematem, w której znaleźli się Musk i Hawking, stworzyła kodeks zasad, którymi ludzie powinni się kierować w pracach nad AI. Tak zwanych „Zasad z Asimolar" jest dwadzieścia trzy. Zostały podzielone na kilka kategorii, które dotyczą badań (których elementem są kluczowe pytania na temat informatyki, ekonomii, prawa, etyki i społeczeństwa) oraz etyki i wartości kwestii, które zyskają wagę w dłuższej perspektywie czasu [Matyuk 2022]. Generalnie twórcom zasad chodziło o to, aby zaawansowana sztuczna inteligencja (Super AI – czyli maszyna bardziej inteligentna niż ludzki umysł), która powstanie w przyszłości, była "dobra", czyli wspomogła nasz gatunek w rozwiązywaniu problemów. Dostęp do niej ma być jak najszerszy i ma nie spoczywać w rękach jednego człowieka, jednej korporacji czy jednego państwa. Ma być wykorzystywana w pokojowych celach dla dobra ludzkości i Ziemi. Jak pisze Przegalińska-Skierkowska: warto pamiętać o tym, że nowoczesne

technologie to tylko narzędzie w rękach ludzkości - oby nie stały się autonomiczną bronią w rękach szaleńca… [Przegalińska-Skierkowska 2023].

Warto w tym kontekście wspomnieć o tym, iż Unia Europejska przygotowała zasady Programu Ramowego „Horyzont Europa" - największego w historii UE projektu w zakresie badań naukowych i innowacji. W ciągu 7 lat (2021-2027) na nowatorskie badania i innowacyjne rozwiązania przeznaczone zostanie ponad 93 mld euro. Program implementuje kluczowe polityki UE, takie jak Europejski Zielony Ład czy Europa na miarę ery cyfrowej. Jednym z elementów jest część „Technologie cyfrowe, przemysł i przestrzeń kosmiczna" - klaster poświęcony działaniom obejmującym wdrożenie czystych, neutralnych klimatycznie, przemysłowych łańcuchów wartości, wsparcie dla gospodarki o obiegu zamkniętym, zapewnienie strategicznej autonomii w pozyskiwaniu i wykorzystywaniu surowców mineralnych, neutralne klimatycznie systemy i infrastruktury cyfrowe, nowe modele biznesowe oraz zrównoważone projektowanie materiałów i produktów umożliwiające dekarbonizację technologii przemysłowych i cyfrowych. Duży nacisk będzie kładziony na rozwój wspomagających technologii cyfrowych: sieci 6G, Internetu rzeczy (IoT – Internet of Things), a także sztucznej inteligencji, robotyki, automatyki, technologii kwantowych oraz grafenu [europa.eu 2024]. Pamiętać też należy, iż działalność związana z tworzeniem i korzystaniem ze sztucznej inteligencji – oprócz szeregu plusów przywołanych powyżej – ma też minusy. Na przykład – duże zużycie wody, tzw. wpływ na ekologiczny ślad wodny oraz znaczne zużycie energii elektrycznej [ekoguru.pl 2024].

IV. PODSUMOWANIE

Zaproponowane w artykule nowe kolory „łabędzi" (zielone, czerwone, żółte, niebieskie) mogą mieć wpływ na wiele aspektów życia społecznego, politycznego, naukowego czy gospodarczego. Świat biznesu stoi przed wieloma wyzwaniami, związanymi również ze wspomnianymi powyżej procesami innowacji. Postępujące zmiany technologiczne oraz wykorzystanie nowoczesnych czynników wytwórczych, w tym sztucznej inteligencji do rozwiązywania problemów natury globalnej - wybrane przykłady zastosowań zostały wskazane w niniejszym artykule - to tylko jeden ze sposobów radzenia sobie z rzeczywistością gospodarczą, społeczną i środowiskową. Zagadnienia te wymagają dalszych, zaawansowanych badań, zwłaszcza w kontekście osiąganych praktycznych rezultatów w biznesie, w tym międzynarodowym.

BIBLIOGRAFIA

1. Amit R., Zott C. 2020. Business model innovation strategy: Transformational concepts and tools for entrepreneurial leaders. John Wiley & Sons.
2. Baldwin R., Freeman R., Theodorakopoulos A. 2024. Deconstructing deglobalization: the future of trade is in intermediate services. Asian Economic Policy Review. 19(1). 18-37.
3. Becoming an AI-fueled organization. Deloitte Insights. [dok. elektr. *www2.deloitte.com*. data wejścia: 28.09.2024].
4. BIS. 2023. The Bank for International Settlements, Green Swan 2023: Climate transition in the real economy: what should central banks know about it? [dok. elektr.: *www.bis.org* data wejścia: 28.04.2024].
5. Buła P., Niedzielski B. 2021. Management, Organisations and Artificial Intelligence: Where Theory Meets Practice. Routledge.
6. EU AI Act: first regulation on artificial intelligence, Topics, European Parliament. [dok. elektr.: *www.europa.eu*. data wejścia: 28.09.2024].

7. Europejski AI Act opublikowany - Ministerstwo Cyfryzacji - Portal Gov.pl. [dok. elektr.: *www.gov.pl*. data wejścia: 28.09.2024].
8. Groeskamp S., Kjellsson J. 2020. NEED: the Northern European Enclosure Dam for if climate change mitigation fails. Bulletin of the American Meteorological Society. 101(7). E1174-E1189.
9. Gródek-Szostak Z. 2023. Upowszechnianie transferu technologii w sieci innowacji. Wydawnictwo C.H. Beck. Warszawa.
10. Huang L., Zhuang W., Lu W., Zhang Y., Edwing D., Yan X. H. 2024. Rapid sea level rise in the tropical Southwest Indian Ocean in the recent two decades. Geophysical Research Letters. 51(1). e2023GL106011.
11. Krawczyk-Sokołowska I., Pierścieniak A., Inków M., Lisowska R., Ropęga J., Kamińska A., Hauke K. 2020. Innowacje i marketing we współczesnych organizacjach: wybrane zagadnienia. Oficyna Wydawnicza SGH. Warszawa.
12. Lincke D., Hinkel J. 2021. Coastal migration due to 21st century sea-level rise. Earth's Future. 9(5). e2020EF001965.
13. Matyuk Y. S. 2022. Ethical And Legal Aspects Of Development And Implementation Of Artificial Intelligence Systems. In N. G. Bogachenko (Ed.), AmurCon 2021: International Scientific Conference. vol 126. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 689-696. European Publisher. https://doi.org/10.15405/epsbs.2022.06.76.
14. Michałek J. J., Woźniak P. 2020. Turning away from globalization? Trade wars and the rules of competition in global trade: Implications for the EU. In mBank-CASE Seminar Proceedings (No. 0161). CASE-Center for Social and Economic Research.
15. Mignon I., Bankel A. 2023. Sustainable business models and innovation strategies to realize them: A review of 87 empirical cases. Business Strategy and the Environment. 32(4). 1357-1372.
16. Mohr A. 2024. Deglobalization. In Encyclopedia of International Strategic Management. Edward Elgar Publishing. 45-46.
17. Płoszajski P. 2005. Wstęp: 10 lat w wieku nieciągłości. W: P. Płoszajski (red.), Przerażony kameleon. Eseje o przyszłości zarządzania. Fundacja Rozwoju Edukacji Menedżerskiej SGH. Warszawa.
18. Przegalińska-Skierkowska A. 2023. AI w strategii: rewolucja sztucznej inteligencji w zarządzaniu. Wydawnictwo MT Biznes. Warszawa.
19. Runiewicz R. 2022. Ewolucja teorii strategii innowacji organizacji w zarządzaniu. Charakterystyka ogólna. Przedsiębiorczość i Zarządzanie. 23(3). 53-64.
20. Švarc J., Dabić M. 2019. The Croatian path from socialism to European membership through the lens of technology transfer policies. The Journal of Technology Transfer. 44(5). 1476-1504.
21. Szymanik E. 2016. Konkurencyjność przedsiębiorstwa-główne aspekty. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. 953(05). 107-124.
22. Taleb N.N. 2020. Czarny Łabędź. Jak nieprzewidywalne zdarzenia rządzą naszym życiem. Zysk i S-ka. Poznań.
23. Thakur-Weigold B., Miroudot S. 2024. Supply chain myths in the resilience and deglobalization narrative: consequences for policy. Journal of International Business Policy. 7(1). 99-111.

24. Wang Y. Y. 2023. Corporate diversification, investment efficiency and the business cycle. Journal of Corporate Finance. 78. 102353.
25. Ziemnowicz C. 2020. Joseph A. Schumpeter and innovation. In Encyclopedia of creativity, invention, innovation and entrepreneurship. Cham: Springer International Publishing. 1517-1522.

NETOGRAFIA

1. worldbank.org, data wejścia: 28.09.2024.
2. www. ekoguru.pl, data wejścia: 28.09.2024.
3. www. europa.eu, data wejścia: 21.09.2024.
4. www.aioai.pl, data wejścia: 28.09.2024.
5. www.CAsfera.pl, data wejścia: 28.09.2024.
6. www.ceo.com.pl, data wejścia: 22.09.2024.
7. www.energiadlawsi.pl, data wejścia: 28.09.2024.
8. www.engadget.com, data wejścia: 25.09.2024.
9. www.magazynbiomasa.pl, data wejścia: 21.09.2024.
10. www.microsoft.com, data wejścia: 26.09.2024.
11. www.teraz-srodowisko.pl, data wejścia: 23.09.2024.
12. www.wwf.pl, data wejścia: 24.09.2024.

COLORFUL SWANS, INNOVATION, TECHNOLOGY. THE ROLE OF NEW PRODUCTION FACTORS

Summary

The modern world is becoming less and less understandable for people and business. It is said that we live in an age of discontinuity. Constant perturbations in the environment lead to the statement that we are facing a chaotic model of conducting business, including international business. We experience unexpected and unpredictable events, which nevertheless have an impact on economies and social life. There are tensions between knowledge of phenomena and problems and professional knowledge of methods of preventing or solving difficulties, as well as predicting events. This generates uncertainty of business models in the global economy. "Mutating swans" cause the peace dividend (profit from limiting armaments) to decrease, and globalization processes to retreat.

Implemented innovations, especially technological ones, become a challenge for business. Individual countries face inequalities in socio-economic development depending on the economic structure, technical and technological capabilities, stage of development and level of research expenditure. The previous sources and factors of sustainable competitive advantage, i.e. natural resources (e.g. land), capital resources, human resources (labor) and entrepreneurship – i.e. production factors are being replaced by innovations and technological solutions. Some of them, for example artificial intelligence (AI), can become both a useful tool in more sustainable economic development and a weapon.

Key words: age of discontinuity, great decay, evolution of factors of production, sudden events ("mutating swans")

Polish Journal for Sustainable Development

Tom 28 (1). 251-259. rok 2024

ANDRZEJ C. ŻOŁNOWSKI

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
e-mail: *andrzej.zolnowski@uwm.edu.pl*

PRODUKCJA MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH (WPC) JAKO CZYNNIK SPRZYJAJĄCY RETARDACJI PRZEKSZTAŁCANIA ZASOBÓW PRZYRODY

W pracy przedstawiono problematykę produkcji materiałów kompozytowych z odpadowych tworzyw sztucznych z wypełnieniem organicznym. W świetle stale rosnącej konsumpcji tworzyw sztucznych rośnie wielkość zużycia surowców, w tym głównie ropy naftowej. Jednocześnie wzrasta masa odpadów tworzywowych poprodukcyjnych, jak i tych, które znajdują się w strumieniu odpadów komunalnych, zbieranych zarówno w sposób selektywny jak i zmieszanych. Odpady te mogą być zagospodarowane jako materiały pozwalające chronić zasoby naturalne (ropę naftową, drewno jak i minerały kopalne). W pracy skupiono się na możliwościach przerobu odpadów z tworzyw sztucznych na granulat „wood plastics composite" (WPC). Na podstawie dostępnych danych oceniono potencjał Warmii i Mazur, pod względem dostępności odpadów z tworzyw sztucznych oraz odpadów z przemysłu drzewnego. Na tej podstawie stworzono uproszczony projekt inwestycyjny, którego zadaniem była ocena opłacalność produkcji materiału kompozytowego. Oprócz oceny finansowej dokonano także szacunku zasobów, które w świetle projektowanej inwestycji, mogłyby być ochronione.

Słowa kluczowe: kompozyt, WPC, tworzywa sztuczne, recykling, odpady

I. WSTĘP

Od stosunkowo niedługiego czasu ludzkość cieszy się dobrodziejstwem produkcji i użytkoania tworzyw sztucznych. Początek ery plastiku można można powiązać z rokiem 1860, w którym Nowojorska firma Phelan & Collander w obliczu kurczących się zasobów kości słoniowej ogłosiła konkurs z nagrodą w wysokości 10 000 $ dla każdego, kto byłby w stanie wykonać kule bilardowe przy użyciu innego materiału. Zwycięzcą został John Hyatt, któremu udało się stworzyć celuloid poprzez rozpuszczenie celulozy w kamforze i etanolu [McCord 1964, Pratheesh Kumar i in. 2023]. Drugim pionierem badań nad tworzywami sztucznymi był Leo Baekeland, który w 1907 r. stworzył bakelit jako substytut szelaku używanego jako izolator dla kabli [Rasmussen 2018]. Dzisiaj funkcjonuje szereg rodzajów tworzyw sztucznych, które można przypisać do grup, charakteryzujących się dużą różnorodnością i odmiennością właściwości. Dzięki zróżnicowanym cechom, zarówno pod względem budowy, wytrzymałości mechanicznej i chemicznej, możliwości uplastyczniania bądź nie, znalazły one zastosowanie w bardzo wielu dziedzinach [Dennis 2024]. Tworzywa sztuczne występują w szeroko pojętym, codziennym życiu każdego człowieka jako rzeczy prawie niezbędne. Stały się one materiałami

DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.1.27

konstrukcyjnymi lub materiałami specjalnego zastosowania [Namazi 2017]. Światowa wielkość produkcji tworzyw sztucznych systematycznie rośnie i w 2022 roku wyniosła 400,3 Mt, z czego w Europie wyprodukowano 62,3 Mt tego surowca [PlasticsEurope 2023]. W ostatnich latach odnotowuje się fakt, że wielkość handlu tworzywami sztucznymi na światowych czy europejskich rynkach znacznie przeważa nad handlem metalami [Saechtling 2007]. Tworzywa sztuczne, to materiały, które zbudowane są z polimerów, czyli wielkocząsteczkowych związków chemicznych otrzymywanych w przemysłowych procesach polimeryzacji zwanych ogólnie polireakcjami [Borkowski 2015]. Tworzywa sztuczne są produkowane w procesie krakingu ropy naftowej [Yoshimura i in. 2001], a jej wykorzystanie, tylko do produkcji tworzyw opakowaniowych (jednorazowych) w skali świata wynosi 3 mln baryłek dziennie [Wolff 2021]. Materiały syntetyczne, posiadają bardzo złożoną budowę oraz mniej lub bardzie rozbudowaną strukturę. Opisuje się je jako materiały o dużej możliwości modyfikacji i skomplikowanym zachowaniu w przetwórstwie, co wiąże się z ich wielostronnym zastosowaniem [Saechtling 2007]. Dzięki swym właściwościom zużyte lub wykorzystane tworzywa sztuczne, określane jako odpady, mogą być wtórnie przerabiane, co staje się szczególnie istotne w dobie przechodzenia na gospodarkę o obiegu zamkniętym (Circular Economy) [PlasticsEurope 2024]. Tworzywa sztuczne, dzięki swoim właściwościom mogą podlegać różnym rodzajom przetwarzania. Dzieli się ono na przetwarzanie pierwotne i wtórne, które, w odniesieniu do odpadowych tworzyw sztucznych uważane jest za energooszczędne i niezwykle wydajne. Przetwarzanie pierwotne to proces, w którym odpady nie zyskują nowego zastosowania, ale w całości są wykorzystywane po raz kolejny w tej samej dziedzinie [Dorobek i Bursztyński 2014]. Przetwarzanie wtórne to inaczej produkcja polegająca na wykorzystaniu półproduktów. W przetwarzaniu wtórnym stosuje się najczęściej tworzywa termoplastyczne [Broniewski i in. 2000]. Procesy przetwórstwa wtórnego charakteryzują się dobrym wykorzystaniem surowca jak i małą liczbą procesów. Działania takie jak wulkanizacja albo utwardzanie, czyli inaczej nadanie kształtu lub przetwórstwo, przebiegają równolegle. Saechtling [2007] zwraca uwagę na tworzywa termoplastyczne jako posiadające cechy dogodne do poddania recyklingowi ze względu na możliwość wpływania na warunki całego procesu przetwórstwa. Wśród produktów powstających w wyniku przetwarzania wtórnego znajdują się również takie, które w swoim składzie zawierają tworzywo sztuczne oraz wypełnienie innego rodzaju. Wypełnienie to może być materiałem mineralnym, metalicznym lub naturalnym. Ogólnie produkty takie nazywane są kompozytami, a te, które powstały z wykorzystaniem wypełniacza naturalnego zywane są polimerami NFPC (natural fiber-polymer composites). Wśród nich znalazły się także materiały kompozytowe WPC, które są grupą produktów zawierającą w swoim składzie drewno (mączkę drzwną), polimery trermoplastyczne oraz niewielkie ilości dodatków jakimi są kompatybilizatory i inne substancje, które pozwalają dostosować właściwości WPC do jego przeznaczenia, obejmujące m.in. środki spieniające do produkcji spienionego WPC, biocydy, pigmenty do barwienia WPC, stabilizatory UV, środki zmniejszające palność i środki smarne jako środki wspomagające przetwarzanie [Ashori 2008]. Materiały WPC stanowią bardzo ciekawe rozwiązanie, które jest jedną z alternatywnych dróg zagospodarowania odpadów z tworzyw sztucznych. Wielkość odpadów generowanych z obszaru miast, gmin oraz pojedynczych miejscowości jest bardzo zróżnicowana i zależy od charakteru gminy, miasta, wielkości produkcji zlokalizowanej na tym obszarze, liczby mieszkańców itp. Według danych GUS [2023] w Polsce masa zbieranych selektywnie odpadów wynosi średniorocznie około 142 kg na jednego mieszkańca, w tym:

- odpadów biodegradowalnych – 51 kg/rok,
- zmieszanych odpadów opakowaniowych – 15 kg/rok,

– odpadów wielkogabarytowych – 17 kg/rok,
– szkła – 21 kg/rok,
– tworzyw sztucznych – 14 kg/rok,
– papieru i tektury – 15 kg/rok. Ilości te różnią się w zależności od miejsca zbiórki. W miastach oraz na obszarach wiejskich masa zebranych selektywnie odpadów wynosi średnio – 156 i 121 kg na jednego mieszkańca. W oparciu o cytowaną literaturę można sądzić, że produkcja materiałów WPC mogłaby w sposób istotny wpisać się w gospodarkę cyrkularną przedsiębiorstw funkcjonujących lokalnie na terenie gmin, powiatów, województw lub regionów.

Celem pracy jest przedstawienie zasobności przykładowego regionu jakim są Warmia i Mazury w odpadowe tworzywa sztuczne oraz pokazanie propozycji ich wykorzystania do produkcji kompozytu WPC z wykorzystaniem odpadów z przemysłu drzewnego. Wraz z oceną finansową przedsięwzięcia dokonano też szacunku wielkości zasobów środowiska, które w świetle projektowanej inwestycji, mogłyby być ochronione.

II. MATERIAŁY I METODY

Zakładana w niniejszej pracy koncepcja zagospodarowania odpadów tworzywowych oparta jest na ocenie realnego strumienia komponentów, które mogą być wykorzystane w produkcji granulatu WPC. Od wielkości tego strumienia zależy wielkość produkcji granulatu, a ta z kolei wymusza dobór odpowiedniej maszyny (wytłaczarki). W tym celu, analizowano informacje zawarte w Banku Danych Lokalnych, zarządzanym przez Główny Urząd Statystyczny [BDL 2024]. Według Grzybowskiego [2012] odpady poliolefinowe, czyli polipropylen i polietylen, które w założeniu projektu mają być wykorzystywane do produkcji WPC, w strumieniu odpadów zajmują średnio 7%. W pracy od początku zakładano, że powiatem docelowym będzie powiat Giżycki. Informacje pochodzące z BDL GUS (tabela 1) wskazują, że masa odpadowych tworzyw sztucznych, np. w 2023 roku w tym powiecie wyniosła tylko 65,4 t/rok. Wobec powyższego masa odpadów poliolefinowych, którą można dysponować wyniosłaby tylko 4,6 t/rok, co w przeliczeniu na 1 miesiąc daje jedynie 0,4 t.

Z powyższych obliczeń wynika, że masa odzyskanego polietylenu i/lub polipropylenu jest zbyt mała by uruchomić produkcję materiału kompozytowego WPC. W związku z tym w celu pozyskania większej masy odpadowych tworzyw sztucznych rozszerzono obszar badań do powierzchni województwa warmińsko-mazurskiego. Jak wskazuje tabela 1 odpady wygenerowane w województwie pozwoliłyby na uruchomienie produkcji granulatu WPC w ilości około 333 t WPC/miesiąc, zakładając udział poliolefin w granulacie na poziomie 50%.

W regionie działalność gospodarczą prowadzi spora liczba tartaków. Po przeprowadzaniu rozmów z kilkoma właścicielami ustalono, że odpady z przeróbki drewna powstające w tych tartakach są generalnie sprzedawane do nabywców indywidualnych zazwyczaj w celach opałowych w cenie od 80 do 200 PLN/m^3. Zakup tego surowca w ilościach odpowiadających mieszance, która byłaby sporządzona w oparciu o proporcje 50:50, w odniesieniu do posiadanej masy tworzyw sztucznych, którymi dysponuje województwo, znaczne podwyższyłby koszt produkcji granulatu WPC. Rozwiązaniem problemu pokrycia zapotrzebowania na tak dużą ilość mączki drzewnej może być nawiązanie współpracy z firmą EGGER Biskupiec Sp. z o.o. zajmującej się przetwórstwem drewna do produkcji płyt wiórowych oraz blatów meblarskich. Z informacji otrzymanych od jej przedstawiciela wynika, że masa odpadów drzewnych generowanych przez EGGER Biskupiec wystarczyłaby do produkcji około 50 t granulatu WPC co miesiąc. Firma jest w stanie zapewnić 25 t mączki drzewnej miesięcznie.

Bazując na powyższych danych zaproponowano technologię wytwarzania kompozytu WPC z odpadowego polietylenu (PE) i/lub polipropylenu (PP) z udziałem komponentu jakim jest mączka drzewna.

Tabela 1 - *Table 1*

Szacunkowa wielkość produkcji odpadów poliolefinowych w powiatach województwa i województwie warmińsko-mazurskim w 2023 roku [GUS BDL 2024] / *Estimated production volume of polyolefin waste in the counties of the Warmian-Masurian Voivodeship in 2023* [GUS BDL 2024]

Analizowany obszar *Analyzed area*	Masa odpadowych tworzyw sztucznych zebranych selektywnie [t/rok] / *Mass of waste plastics collected selectively [t/year]*	Szacunkowa masa odpadów poliolefinowych (PP i PE) 7% z kol. 2 [t/rok] / *Estimated mass of polyolefin waste (PP and PE) 7% from col. 2 [t/year]*	Poliolefiny (PE i PP) miesięcznie [t/m-c] *Polyolefins (PE and PP) monthly [t/month]*
1	2	3	4
Powiat bartoszycki	1029,5	72,1	6,0
Powiat braniewski	869,3	60,9	5,1
Powiat działdowski	1521,7	106,5	8,9
Powiat elbląski	1583,5	110,8	9,2
Powiat ełcki	14,3	1,0	0,1
Powiat giżycki	65,4	4,6	0,4
Powiat iławski	2668,4	186,8	15,6
Powiat kętrzyński	615,4	43,1	3,6
Powiat lidzbarski	938,7	65,7	5,5
Powiat mrągowski	1162,5	81,4	6,8
Powiat nidzicki	658,2	46,1	3,8
Powiat nowomiejski	1149,7	80,5	6,7
Powiat olecki	30,2	2,1	0,2
Powiat olsztyński	3562,2	249,4	20,8
Powiat ostródzki	3627,6	253,9	21,2
Powiat piski	980,7	68,6	5,7
Powiat szczycieński	1789,7	125,3	10,4
Powiat gołdapski	17,6	1,2	0,1
Powiat węgorzewski	b.d.	b.d.	b.d.
Elbląg *	2295,3	160,7	13,4
Olsztyn *	4005,0	280,3	23,4
woj. warmińsko-mazurskie	28584,8	2000,9	166,7

* miasto na prawach powiatu / * *a city with county rights,* b.d. – brak danych / *no data*

W prezentowanym założeniu uwzględniono maszyny używane, które znajdują się na rynku wtórnym. Jedną z takich możliwości jest zakup linii technologicznej z granulatorem SJMS65/132PP PE PVC WPC (Qingdao Hegu WPC Machinery Co., LTD) (rys. 1 i 2), której obecna cena wynosi 60,9 tys. USD (https://www.wpcline.com). Takie rozwiązanie jest o wiele atrakcyjniejsze od urządzeń nowych, których ceny wynoszą powyżej 100 tys. EUR. Głównymi elementami zestawu są wytłaczarka dwuślimakowa śrubowa, młyny rozdrabniające, mieszalnik oraz podajniki tworzywa i mączki. Proponowana linia technologiczna charakteryzuje się wydajnością 150-200 kg granulatu/h. W skład całego zestawu urządzeń wchodzi również

podajnik do urządzenia krojącego. Zaletą urządzenia jest fakt, iż posiada system chłodzenia za pomocą dmuchaw i wiatraków więc w porównaniu do urządzeń innych firm, nie wymaga zużycia wody procesowej, co redukuje koszty całej produkcji.

Źródło/ *Source*: https://www.wpcline.com

Rys. 1. Granulator SJMS65/132PP PE PVC WPC – na pierwszym planie zasobnik mączki drzewnej
Fig. 1. *SJMS65/132PP PE PVC WPC granulator - wood flour hopper in the foreground*

Źródło/ *Source*: https://www.wpcline.com

Rys. 2. Granulator SJMS65/132PP PE PVC WPC – z lewej lej zsypowy granulatu, z prawej gotowy granulat
Fig. 2. *SJMS65/132PP PE PVC WPC granulator – granulate hopper on the left, finished granulate on the right*

III. WYNIKI I DYSKUSJA

Minimalna wydajność proponowanej linii granulatora SJMS65/132PP PE PVC WPC (150-200 kg granulatu/h) przy ciągłej pracy pozwala na produkcję 108 t granulatu WPC/m-c. Województwo warmińsko-mazurskie generuje odpady poliolefinowe w ilości 166,7 t/m-c (tab. 1), pozwalające na produkcję 333 t WPC/m-c. Zastosowana technologia pozwoli więc na zagospodarowanie od około 33% do 45% odpadów poliolefinowych (PP i PE) pochodzących z obszaru województwa. W tym układzie będzie trzeba pokryć koszt zakupu mączki drzewnej, gdyż potencjał f-my EGGER Biskupiec (25 t mączki/m-c) pozwala na produkcję 50 t granulatu WPC/miesiąc. Z powyższego wynika, że niedobór mączki przy produkcji 108 t granulatu wyniesie około 29 t.

III.1. Eksploatacja

1. Produkcja dzienna granulatu: 150 kg/h × 24h = 3600 kg
2. Produkcja miesięczna granulatu: 3,6 t × 30 dni = 108 t
3. Zapotrzebowanie miesięczne na surowce: granulator SHMS60 WPC ma możliwość przerobu mieszanek z udziałem od 30 do 60% mączki drzewnej z wydajnością 108 t/m-c. Do dalszych obliczeń przyjęto udział tworzywa na poziomie 47%, mączki drzewnej 50%, kompatybilizatora 3% [Zajchowski i Ryszkowska 2009]
4. zapotrzebowanie na tworzywo (PP/PE): 50,76 t/m-c
5. zapotrzebowanie na mączkę drzewną: 54 t/m-c – 25 t/m-c przekaże f-ma EGGER = 29 t/m-c.
6. zapotrzebowanie na kompatybilizator: przyjmuje się, że udział kompatybilizatora musi stanowić ok. 3% całej masy surowców, czyli = 108 t × 0,03 = 3,24 t = 3240 kg/m-c.

III.2. Koszty związane z uruchomieniem produkcji

1. Koszt zakupu: granulator SHMS60 WPC: 60900 USD × 3,87 PLN (cena USD na dzień 28. 09. 2024 r.) = **235683,00 PLN** Źródło informacji: Korespondencja z Firmą QINGDAO HEGU WOOD PLASTIC MACHINERY CO., LTD.
2. Koszty frachtu: 3500-4000 USD × 3,87 = 13545-15480 PLN (do dalszych obliczeń przyjęto wartość **15480 PLN**) Źródło informacji: Korespondencja z Firmą GoCargo Transport i Spedycja Morska
3. Koszt instalacji:
   a) wynagrodzenia inżyniera serwisu: 1 pracownik × (150 USD × 3,87 PLN (cena USD na dzień 28. 09. 2024 r.) × 10 dni = **5775,00 PLN**
   Źródło informacji: Korespondencja z Firmą QINGDAO HEGU WOOD PLASTIC MACHINERY CO., LTD.
   b) zapewnienie wyżywienia i noclegu inżyniera serwisu (10 dni) – Warmiński Hotel & Conference Olsztyn – **3500,00 PLN** Źródło informacji: https://www.booking.com/
   c) koszt przelotu inżyniera serwisu: bilety lotnicze relacji Quingdao – Warszawa oraz Warszawa – Quingdao (Klasa ekonomiczna) – **5011,00 PLN**
   Źródło informacji: https://www.skyscanner.pl/

Całkowity koszt instalacji: 5775,00 PLN + 3500,00 PLN + 5011,00 PLN = **22549 PLN**

Całkowity koszt uruchomienia produkcji wynosiłby w takim razie 265449,00 PLN

III.3. Podstawowe koszty ponoszone w kolejnych miesiącach od uruchomienia produkcji:

1. Koszt wynagrodzenia pracowników zatrudnionych na pełen etat, w systemie 3 zmianowym,
   po 4 pracowników na zmianie: Liczba pracowników: 12
   Koszt wynagrodzeń przy stawce minimalnej 4300 PLN brutto [Dz.U. 2023] = 5180,64 PLN (łączny koszt pracodawcy) × 12 pracowników = **62167,68 PLN/m-c**
   Źródło informacji: https://wynagrodzenia.pl/kalkulator-wynagrodzen/wyniki
2. Koszt wynajęcia hali produkcyjnej 250 m^2: **4900,00 PLN/m-c**
   Źródło informacji: www.olx.pl
3. Koszty zakupu suchej mączki drzewnej: 29 t/m-c×1,20 PLN/kg = **34800,00 PLN/m-c**
   Źródło informacji: Korespondencja z Firmą Compositive
4. Koszt zakupu kompatybilzatora: 3240 kg: 25 kg/worek = 130 worków × 4,46 USD/worek = 579,8 USD × 3,87 PLN/USD) = **2243,82 PLN/m-c**
   Cena kompatybilzatora Arkema Orevac CA100: 4,46 USD/25kg
   Źródło informacji: https://www.yoycart.com/Product/570798702261/

5. Miesięczny koszt energii elektrycznej: 37 kW × 24 h = 888 kWh/dzień
   888 kWh ×30 dni = 26640 kWh/m-c
   26640 kWh×1,29 PLN (średnia cena PLN/kWh wraz z opłatą dystrybucyjną) =
   34365,60 PLN/m-c Źródło informacji: https://optimalenergy.pl/cena-pradu/
6. Inne koszty:
   Amortyzacja urządzeń (20%)
   Koszty amortyzacji miesięcznej: 47136 PLN: 12 m-cy = **3928 PLN**

Razem koszty podstawowe ponoszone co miesiąc: 142405,16 PLN

III.4. Uproszczony bilans finansowy:

Przychody ze sprzedaży granulatu:

Cena rynkowa granulatu: 900-1500 USD/t (do dalszych obliczeń przyjęto cenę: 900 USD/t)
Źródło informacji: https://www.alibaba.com/product-detail/Pvc-granule -pellets-WPC-filler-masterbatch_60837847486. html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_price.113913a0yJDgXR

Produkcja: 108 t/m-c × 900 USD/t × 3,87 PLN = **376164,00 PLN**

Bilans:
W pierwszym miesiącu:
376164,00 PLN (przychód) 265449,00 PLN (koszt zakupu maszyn i instalacji)
142405,16 PLN (koszty ponoszone co miesiąc) = 91353,69 PLN
W kolejnych miesiącach:
376164,00 PLN (przychód) 142405,16 PLN (koszty ponoszone co miesiąc)
= 233758,84 PLN

III.5. Korzyści środowiskowe

Przedstawione rozwiązanie pozwoli na:

- zagospodarowanie około 33% odpadów tworzywowych wytworzonych z polipropylenu i polietylenu w województwa warmińsko-mazurskiego, co stanowi 609,12 t odpadowego PP i PE rocznie.
- retardację wydobycia ropy naftowej. Według Fundacji PlasticsEurope [Tworzywa 2013] 1 t tworzyw sztucznych stanowi równowartość 12,94 baryłek ropy naftowej. Można zatem szacować, że w przedstawionym projekcie zagospodarowanie 609,12 t odpadowego PP/PE wiąże się z oszczędnością 7882 baryłek ropy naftowej (1 mln 253,4 tys litrów), co przy obecnych cenach (74,81 USD/baryłka) [Money.pl 2024], stanowi około 589,6 tys. USD.
- zagospodarowanie 648 t mączki drzewnej rocznie. Przy założeniu, że masa 1 m^3 drewna sosnowego to około 650 kg/m^3, [Paktainer 2024] można sądzić, że jest to równowartość około 997 m^3 drewna sosnowego. Taką ilość drewna potencjalny inwestor jest w stanie zaoszczędzić produkując z kompozytu WPC profile okienne, drzwi, ramy, deski elewacyjne lub podłogowe. Według GUS [2023] średnia zasobność grubizny dla drzewostanów sosnowych w Polsce wynosi 303,1 m^3. Zagospodarowana mączka drzewna przyczynić się więc może do retardacji wyrębu lasu sosnowego z powierzchni około 3,3 ha rocznie.

IV. PODSUMOWANIE

Przedstawiony bilans jest bardzo uproszczony, nie zawiera kosztów związanych z zatrudnieniem księgowej, wynagrodzenia kierownictwa firmy, podatku od towarów i usług oraz

wynajmu (leasingu samochodów służbowych), a także kosztów związanych z transportem towarów i surowców. Niemniej jednak obserwując szacowany wynik finansowy można sądzić, że zakład zajmujący się zagospodarowaniem odpadów polimerowych i drzewnych oraz ich przerobem na WPC w warunkach województwa warmińsko-mazurskiego ma szanse powodzenia. Funkcjonowanie takiego zakładu pozwoliłoby na zagospodarowania około 33% odpadów tworzywowych z polipropylenu i polietylenu w skali województwa, przez co relatywnie przyczyniłoby się do retardacji wydobycia i przerobu ropy naftowej, a także ograniczyłoby pozyskiwanie surowca drzewnego do produkcji asortymentu zastępowanego produktami WPC.

BIBLIOGRAFIA

1. Ashori A. 2008. Wood–plastic composites as promising green-composites for automotive industries! Bioresource Technology. 99. 4661-4667. doi: 10.1016/j.biortech.2007.09.043.
2. Borkowski K. 2015. Przemysł tworzyw sztucznych – materiałów XXI wieku. Mechanik. 4. 278-282.
3. Broniewski T., Kapko J., Płaczek W., Thomalla J. 2000. Metody badań i ocena własności tworzyw sztucznych. WNT. Warszawa.
4. Dennis L. 2024. A brief history of the use of plastics. Cambridge Prisms: Plastics. 2. e19. 1-7. doi: 10.1017/plc.2024.17.
5. Dorobek S., Bursztyński A. 2014. Recykling surowców w Polsce - ewolucja i rozwiązania logistyczne. Logistyka. 6. 526-541.
6. Dz.U. 2023 poz. 1893 Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 września 2023 r. w sprawie wysokości minimalnego wynagrodzenia za pracę oraz wysokości minimalnej stawki godzinowej w 2024 r. [dok. elektr. *https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20230001893/O/D20231893.pdf*. data wejścia 26.06. 2024].
7. Grzybowski P. 2012. Przetwarzanie odpadów poliolefinowych na produkty paliwowe. Chemik. 66(7). 725-734.
8. GUS 2023. Odpady komunalne [w:] Ochrona środowiska 2023. Główny Urząd Statystyczny Warszawa. 153-160. [dok. elektr. *https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny /pl/defaultaktualnosci/5484/1/24/1/ochrona_srodowiska_2023_korekta_gugik.pdf*. data wejścia 28.09.2024].
9. GUS 2023. Zasoby leśne [w:] Rocznik Statystyczny Leśnictwa. Główny Urząd Statystyczny Warszawa, Urząd Statystyczny w Białymstoku: tabl. 15. 33-75. [dok. elektr. *https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/13/6/1/rocznik_statystyczny_lesnictwa_2023.pdf*. data wejścia 28.09.2024].
10. GUS BDL 2024. K9 – stan i ochrona środowiska, G223 – Odpady komunalne, P2175 – Odpady zebrane selektywnie w ciągu roku – tworzywa sztuczne. [dok. elektr. *https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/tablica*. data wejścia 29.09.2024].
11. McCord C. 1964. Celluloid: The First American Plastic–The World's First Commercially Successful Plastic. Journal of Occupational Medicine. 6(11). 452-457.
12. Money.pl 2024. Ropa brent. [dok. elektr. *https://www.money.pl/gielda/surowce/dane,ropa.html*. data wejścia 24.09.2024].
13. Namazi H. 2017. Polymers in our daily life. Bioimpacts. 7(2). 73-74. doi: 10.15171/bi.2017.09.
14. Paktainer 2024. Orientacyjna gęstość (kg/m³) i objętość właściwa (m³/t) niektórych materiałów. [dok. elektr. *https://www.paktainer.com.pl/wp-content/uploads/2017/03/ciezary_nasypowe.pdf*. data wejścia 24.09.2024].
15. PlasticsEurope 2023. Plastics – the fast Facts 2023. [dok. elektr. *https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2023/10/Plasticsthefastfacts2023-1.pdf*. data wejścia 29.09.2024].

16. PlasticsEurope 2024. The Circular Economy for Plastics. A European Analysis 2024: 112. [dok. elektr. *https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2024/05/Circular_Economy_report_Digital_light_FINAL.pdf*. data wejścia 29.09.2024].
17. Pratheesh Kumar S., Dinesh R., Balaganesh S., Vijayakumar V. 2023. Evolution, revolution and future of plastics for an eco-friendly environment [w] Gupta R., Deshmukh D., Patil A.P., Shrivastava N.K., Giri J., Chadge, R.B. (red.) Recent Advances in Material, Manufacturing, and Machine Learning: Proceedings of 1st International Conference (RAMMML-22). 1 (1st ed.). CRC Press. doi: 10.1201/9781003358596.
18. Rasmussen S.C. 2018. Revisiting the Early History of Synthetic Polymers: Critiques and New Insights. Ambix. 65(4). 356-372. doi:10.1080/00026980.2018.1512775.
19. Saechtling H. 2000. Tworzywa sztuczne: poradnik. Wydanie 5. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa. ss. 1032.
20. Tworzywa 2013. Każdy plastikowy odpad ma wartość. Pozwól ją odzyskać. [dok. elektr. *http://tworzywa.com.pl/Wiadomo%C5%9Bci/Ka%C5%BCdy-plastikowy-odpad-ma-warto%C5%9B%C4%87-Pozw%C3%B3l-j%C4%85-odzyska%C4%87-58921.html*. data wejścia 24.09.2024].
21. Wolff E.H. 2021. The Impact of Chemicals Demand and Plastics Recycling on Future Crude Oil Demand. [dok. elektr. *https://www.linkedin.com/pulse/impact-chemicals-demand-plastics-recycling-future-crude-wolff/*. data wejścia 24.09.2024].
22. Yoshimura Y., Kijima N., Hayakawa T., Murata K., Suzuki K., Mizukami F., Matano K., Konishi T., Oikawa T., Saito M., Shiojima T., Shiozawa K., Wakui K., Sawada G., Sato K., Matsuo S., Yamaoka N. 2001. Catalytic Cracking of Naphtha to Light Olefins. Catalysis Surveys from Asia. 4, 157-167. doi: 10.1023/A:1011463606189.
23. Zajchowski S., Ryszkowska J. 2009. Kompozyty polimerowo-drzewne – charakterystyka ogólna oraz ich otrzymywanie z materiałów odpadowych. Polimery. 54(10). 674-682.

PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS (WPC) AS A FACTOR FAVORING THE RETARDATION OF NATURAL RESOURCES

Summary

The paper presents the issue of the production of composite materials from waste plastics with organic filler. In light of the constantly growing consumption of plastics, the consumption of raw materials, mainly crude oil, is increasing. At the same time, the mass of post-production plastic waste and that which is found in the stream of municipal waste, collected both selectively and mixed, is increasing. This waste can be managed as materials that allow to protection of natural resources (crude oil, wood, and fossil minerals). The paper focuses on the possibilities of processing plastic waste into "wood plastics composite" (WPC) granulate. Based on the available data, the potential of Warmia and Mazury was assessed in terms of the availability of plastic waste and waste from the wood industry. On this basis, a simplified investment project was created, the task of which was to assess the profitability of the production of composite material. In addition to the financial assessment, an estimate was also made of the resources that could be protected in the light of the planned investment.

Keywords: wood plastic composite, WPC, plastics, recycling, wastes

Lista recenzentów Zeszytu 28(1) 2024

dr hab. Małgorzata Baran, prof. CC – Collegium Civitas w Warszawie
dr hab. Bogusława Baran-Zgłobicka, prof. UMCS – Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
dr hab. inż. Radosław Bonikowski, prof. PŁ – Politechnika Łódzka
prof. dr hab. inż. Piotr Burawski – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
dr hab. Adam Cudowski – Uniwersytet w Białymstoku
dr hab. inż. Paweł Ćwiąkała, prof. AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
dr hab. inż. Piotr Czyżowski – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
dr hab. Agnieszka Domańska- Sikorzak – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
prof. dr hab. inż. Bogdan Dubis – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
dr hab. n. med. Ewa Dudzińska – Uniwersytet Medyczny w Lublinie
dr hab. Dariusz Drożdżyński – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu
dr hab. Mariola Garczyńska, prof. UR – Uniwersytet Rzeszowski
dr hab. inż. Dorota Gawęda, prof. UP – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
dr hab. Magdalena Gorzelany-Dziadkowiec, prof. UEK – Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
dr hab. inż. Edmund Hajduk, prof. UR – Uniwersytet Rzeszowski
dr hab. Piotr Kaczyński – IOR PIB, Terenowa Stacja Doświadczalna w Białymstoku
dr hab. Magdalena Kalisiak-Mędelska – Uniwersytet Kaliski
prof. dr hab. inż. Janina Kaniuczak – Uniwersytet Rzeszowski
prof. dr hab. Krzysztof Kasprzak – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
dr hab. inż. Aleksander Kiryluk, prof. PB – Politechnika Białostocka
prof. dr hab. inż. Sławomir Kocira – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
dr hab. Kinga Kostrakiewicz-Gierałt, prof. AWF – Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie
prof. dr hab. inż. Maciej Kuboń – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
prof. dr hab. inż. Mariusz Kucharski – Państwowy Instytut Badawczy Puławy
dr hab. Grzegorz Kusza, prof. UO – Uniwersytet Opolski
prof. dr hab. inż. Józefa Krawczyk – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie
dr hab. Barbara Krochmal-Marczak – Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie
prof. dr hab. inż. Lech Lichołai – Politechnika Rzeszowska
prof. nzw. dr hab. inż. arch. Małgorzata Mizia – Akademia Śląska w Katowicach
dr hab. inż. Krzysztof Mudryk – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
dr hab. Barbara Ocicka, prof. SGH – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
prof. dr hab. inż. Wanda Olech-Piasecka –Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
dr hab. Krzysztof Pawlik – Państwowa Akademia Nauk we Wrocławiu
dr hab. Grzegorz Pączka, prof. UR – Uniwersytet Rzeszowski
dr hab. Ryszard Pokładek, prof. UP – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
prof. dr hab. inż. Czesław Puchalski – Uniwersytet Rzeszowski
dr hab. inż. Agnieszka Pusz, prof. PW – Politechnika Warszawska
dr hab. Magdalena Raftowicz – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
dr arch. inż. Krystyna Styrny-Bartkowicz – Politechnika Krakowska
dr hab. inż. Krzysztof Tereszkiewicz, prof. PRz – Politechnika Rzeszowska
prof. dr hab. inż. Barbara Tombarkiewicz – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ks dr hab. Mirosław Twardowski – Uniwersytet Rzeszowski
prof. dr hab. inż. Józefa Wiater – Politechnika Białostocka
dr hab. inż. Elżbieta Wojciechowicz-Żytko – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
prof. dr hab. inż. Radosław Wolniak – Politechnika Śląska
dr hab. Wojciech Zysk – Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie