IOŚ-PIB
Instytut Ochrony Środowiska
Państwowy Instytut Badawczy

40 LAT

OD PRZESZŁOŚCI DO PRZYSZŁOŚCI W OCHRONIE ŚRODOWISKA W POLSCE

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

Konferencja Naukowa pn.:

„Od przeszłości do przyszłości: 40 lat w ochronie środowiska w Polsce”

16 czerwca 2026 r.

Muzeum Historii Polski, ul. Gwardii 1, Warszawa (Cytadela Warszawska)

Organizator Konferencji: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Patroni Honorowi Konferencji:

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA i GOSPODARKI WODNEJ

Projekt Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Od przeszłości do przyszłości: 40 lat ochrony środowiska w Polsce” jest finansowany ze środków budżetu państwa w kwocie 398 663,21 zł, przyznanych przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach Programu Wektory Nauki.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

WEKTORY NAUKI

ISBN 978-83-977105-5-9

Publikacja dostępna na licencji CC BY
Za treść merytoryczną prezentowanych streszczeń odpowiadają Autorzy.
Copyright by Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2026

Projekt graficzny, skład DTP: SmartDTP
Wydawca: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, 02-170 Warszawa, ul. Słowicza 32, tel. 22 37 50 558, www.ios.edu.pl, wydawnictwa@ios.edu.pl

Przewodniczący Komitetu Naukowego
dr hab. Marcin Stoczkiewicz
Dyrektor IOŚ-PIB

Sekretarz Komitetu Naukowego
dr hab. Agnieszka Kolada
prof. IOŚ-PIB

Członkowie Komitetu Naukowego

prof. dr hab. inż.
Maciej Nowicki

prof. dr hab. inż.
Barbara Gworek

dr hab. Jerzy Jendrośka
prof. UO

dr hab. inż. Agata Hościło
prof. IOŚ-PIB

dr hab. inż.
Zbigniew Karaczun
prof. SGGW

dr hab.
Monika A. Król
prof. UŁ

dr hab.
Przemysław Sadura
prof. UW

dr hab.
Michał Żmihorski
prof. IBS PAN

dr hab. inż.
Joanna Strużewska

dr inż. Sylwia Łaba

dr inż. Krzysztof Skotak

dr Aleksandra Bogusz

dr Maciej Cygler

Przewodnicząca Komitetu Organizacyjnego
Ilona Jędrasik
Zastępca Dyrektora IOŚ-PIB

Sekretarz Komitetu Organizacyjnego
Dorota Szulc

Członkowie Komitetu Organizacyjnego

Dr inż.
Marzena Spyra-Kałuska

Katarzyna
Jurkowska-Książek

Małgorzata Kacprzak

Monika Biernat

Dr inż. Sylwia Łaba

Agnieszka Stangreciak

„Od przeszłości do przyszłości: 40 lat w ochronie środowiska w Polsce”

9.00 – 10.00
Rejestracja uczestników

Sesja plenarna – Audytorium

10.00–10.15
Otwarcie konferencji i powitanie uczestników – dr hab. Marcin Stoczkiewicz, dyrektor IOŚ-PIB

10.15–11.10

Sesja inauguracyjna

10.15–10.25
Wystąpienie **prof. dr hab. inż. Barbary Gworek**, dyrektor IOŚ-PIB w latach 1996-2016

10.25–10.50
Wystąpienie przedstawiciela kierownictwa MKiŚ oraz uroczystość wręczenia odznaczeń honorowych za zasługi dla ochrony środowiska i klimatu

10.50–11.00
Wystąpienie **prof. dr hab. inż. Macieja Nowickiego**, Minister Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w 1991 roku oraz Minister Środowiska w latach 2007–2010

11.00–11.10
Wystąpienie **Leeny Ylä-Mononen**, dyrektor wykonawcza Europejskiej Agencji Środowiska (EEA)

11.10–12.10
Panel dyskusyjny „Ochrona środowiska w czasach kryzysów klimatycznych i geopolitycznych”
Prowadzenie: dr hab. Marcin Stoczkiewicz, dyrektor IOŚ-PIB

Uczestnicy:
1. **Leena Ylä-Mononen**
   European Environment Agency (Europejska Agencja Środowiska)
2. **prof. dr Luc Lavrysen**
   Wieloletni Prezes Forum Sędziów Środowiskowych UE
   Profesor emerytowany, Prezes Konstytucyjnego Trybunału Belgii
   Profesor emerytowany prawa ochrony środowiska, Uniwersytet w Gandawie
3. **prof. Malgosia Fitzmaurice**
   Department of Law in Queen Mary University of London (Wydział Prawa na Uniwersytecie Królowej Marii w Londynie)
4. **dr Artur Runge-Metzger**
   Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change in Berlin (Instytut Badań nad Globalnymi Dobrami Wspólnymi i Zmianą Klimatu w Berlinie)
5. **dr hab. Katarzyna Nowak**
   Instytut Biologii Ssaków w Polskiej Akademii Nauk

12.10–13.00
Lunch

12.30–13.00
Sesja posterowa i dyskusja z autorami – Sala konferencyjna 2
(postery eksponowane w godzinach 12:00–16:30)

Sesje referatowe

13:00–14:30

Sesja 1 – Sala kinowo-teatralna

Prawne i społeczne aspekty polityki środowiskowej
Prowadzący sesję: mgr Ilona Jędrasik

1. **Theorizing about the evolution of environmental law in Europe**
   prof. Gerd Winter

2. **International Court of Justice Advisory Opinion on Obligations of States in Respect of Climate Change and the Development of International Law**
   prof. Malgosia Fitzmaurice

3. **Prawo ochrony środowiska: stan obecny i kierunki rozwoju w Europie i w Polsce na tle tendencji światowych**
   dr hab. Jerzy Jendrośka, prof. UO

4. **Wyzwania i innowacje prawne w Porozumieniu z 2023 r. w sprawie ochrony i zrównoważonego wykorzystania morskiej różnorodności biologicznej poza granicami jurysdykcji państw**
   dr n. prawn. Konrad Marciniak

5. **Między upolitycznieniem a uspołecznieniem: jak projektować polityki klimatyczne i jak o nich mówić**
   dr hab. Przemysław Sadura, mgr Bartosz Matyja, mgr Piotr Drygas

6. **Maladaptacja do zmian klimatu w przestrzeni miejskiej**
   dr Mira Poręba

Sesja 2 – Sala konferencyjna 1

Monitoring, modelowanie i technologie środowiskowe
Prowadzący sesję: mgr inż. Robert Jeszke

1. **Zarządzanie zapachową jakością powietrza – obecne rozwiązania, wyzwania oraz rola nowoczesnych technologii w polityce publicznej i praktyce wdrożeniowej**
   dr hab. inż. Izabela Sówka

2. **National air quality modeling system in the context of the AAQD implementation – from forecasts to a decision-making**
   dr hab. inż. Joanna Strużewska, prof. dr hab. inż. Jacek W. Kamiński, mgr inż. Paweł Durka, mgr inż. Grzegorz Jeleniewicz, mgr inż. Aleksander Norowski, mgr Wojciech Bagiński, mgr inż. Aleksandra Starzomska, mgr Aneta Gienibor

3. **Zastosowanie teledetekcji satelitarnej w ochronie środowiska i zarządzaniu zasobami przyrodniczymi**
   dr hab. inż. Agata Hościło, lic. Oliwier Zając, mgr Milena Cudak, mgr Aneta Lewandowska, mgr Alicja Rynkiewicz

4. **Supporting biodiversity and climate policy through tree cover monitoring with Copernicus Land Monitoring Service products**
   MSc Laura-Ainhoa Prischl, PhD Joanna Balasis-Levinsen, MSc Usue Donezar

5. **Pomiary emisji niezorganizowanej z wykorzystaniem BSP**
   dr inż. Jolanta Telenga-Kopyczyńska, dr inż. Jacek Żeliński, dr inż. Rafał Bigda

6. **Centralna Baza Emisyjna – wysokorozdzielcze emisje dla całej Polski**
   dr inż. Karol Szymankiewicz, dr inż. Lech Gawuć, mgr Marek Soliwoda, dr inż. Anahita Sattari, mgr inż. Agnieszka Bartocha, dr Iwo Augustyński, mgr Małgorzata Soliwoda, mgr inż. Jadwiga Maciejewska, mgr Dorota Kawicka

Sesja 3 – Audytorium

Różnorodność biologiczna, ekosystemy i zrównoważone rolnictwo
Prowadzący sesję: dr hab. Michał Żmihorski

1. **Restoring natural resources: a regulatory challenge for a sustainable food system – a comparative analysis**
   dr hab. Monika A. Król, prof. UŁ

2. **Krajobraz rolniczy jako przestrzeń odbudowy bioróżnorodności – znaczenie ekoschematów i interwencji rolno-środowiskowo-klimatycznych**
   dr Eliza Grabowska

3. **Śledzenie odporności obszarów suchych: zmienność biogeochemiczna gleby wzdłuż gradientu w latach 2020 i 2022 w obszarze wschodniej Australii**
   dr Jerzy Szejgis, assoc. prof. Yolima Carrillo, dr Thomas C. Jeffries, prof. Feike A. Dijkstra, prof. Jeff Chieppa, dr Dylan Bristol, dr Premchand Maisnam, prof. David Eldridge, assoc. prof. Uffe N. Nielsen

4. **Zmienność genetyczna jako gwarant trwałości lasów: wnioski z rodowo-proweniencyjnych powierzchni badawczych dębu w Oleszycach dla strategii ochrony zasobów genowych**
   dr Magdalena Trojankiewicz

5. **Optymalne projektowanie kontraktów rolno-środowiskowych służących ograniczeniu emisji metanu z produkcji mlecznej w Polsce**
   dr hab. Adam Wąs, prof. SGGW, dr hab. inż. Paweł Kobus, prof. dr hab. Edward Majewski, prof. Davide Viaggi, mgr Grzegorz Rawa

14.30–15.00
Przerwa kawowa

15:00–16:30

Sesja 4 – Audytorium

Zmiana klimatu, ryzyko i odporność środowiska
Prowadzący sesję: dr hab. inż. Zbigniew Karaczun

1. **Obowiązek naprawienia szkody klimatycznej w prawie międzynarodowym**
   prof. dr hab. Cezary Mik

2. **Climate Induced Sea-Level Rise, Statehood, and the Challenge to the International Legal Order**
   dr Agnes Rydberg

3. **Geologiczne uwarunkowania odporności polskiego wybrzeża na zmiany klimatu**
   dr hab. Grzegorz Uścinowicz

4. **Rozwój Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej w Polsce w kontekście rosnącego ryzyka klimatycznego**
   dr Katarzyna Żyłowska, dr hab. Jerzy Kozyra, dr Małgorzata Kozak, mgr Piotr Koza

5. **Podatność klimatyczna wód podziemnych na obszarze Polski**
   dr Małgorzata Woźnicka, mgr Agnieszka Kowalczyk

6. **Ile kosztują Polskę ekstremalne zjawiska pogodowe? Znaczenie oceny strat w adaptacji do zmian klimatu**
   dr inż. Ewelina Siwiec, mgr inż. Klaudia Chruściel, mgr Michał Marcinkowski

Sesja 5 – Sala kinowo-teatralna

Transformacja energetyczna, polityka lokalna i zarządzanie środowiskowe
Prowadzący sesję: dr Maciej Cygler

1. **Miejski plan adaptacji jako narzędzie sprawiedliwej adaptacji do zmiany klimatu**
   dr hab. Eliza Kalbarczyk, dr hab. inż. Robert Kalbarczyk

2. **Między państwem a rynkiem: dlaczego „commons", choć problematyczne, są kluczowym ogniwem lokalnej polityki klimatycznej?**
   dr Agnieszka Sobol

3. **SMR jako narzędzie sprawiedliwej dekarbonizacji ciepłownictwa i przemysłu: model prawno-regulacyjny alokacji kosztów sieciowych i transformacyjnych w erze AI oraz centrów danych**
   dr hab. Robert Zajdler

4. **System zarządzania neutralnością klimatyczną województwa wielkopolskiego jako narzędzie integrujące działania adaptacyjne, mitygacyjne i odpornościowe w ramach projektu LIFE AFTER COAL PL**
   dr inż. Jacek Willecki

5. **Od diagnozy do działań naprawczych – wykorzystanie Strategicznych Map Hałasu w ochronie środowiska**
   mgr inż. Patrycja Chacińska

Sesja 6 – Sala konferencyjna 1

Remediacja środowiska, odpady i gospodarka zasobami
Prowadzący sesję: dr inż. Sylwia Łaba

1. **Mikrozanieczyszczenia w środowisku: substancje czynne leków oraz mikroplastik**
   prof. dr hab. Grzegorz Nałęcz-Jawecki, dr Agata Drobniewska, dr Milena Wawryniuk

2. **Sita molekularne w selektywnej remediacji środowiska gruntowo-wodnego: od metali ciężkich po wyzwania ery farmaceutyków i nanocząstek – 40 lat doświadczenia badawczego**
   prof. dr hab. inż. Barbara Gworek

3. **Znaczenie zrekultywowanych hałd odpadów w gospodarce o obiegu zamkniętym**
   dr Joanna Fajfer, dr Paulina Kostrz-Sikora

4. **Transgraniczne przemieszczanie odpadów – współpraca międzynarodowa i wyzwania dla służb i organów ścigania**
   mgr Ewelina Gałuszka

16.30–17.00
Podsumowanie i zakończenie

Spis treści

Foreword

Sesja inauguracyjna

1. Ochrona środowiska w Polsce w latach 1988–2024
2. Invironmental protection in Europe: science informing policy for a sustainable future

Sesja referatowa I – Prawne i społeczne aspekty polityki środowiskowej

3. Theorizing about the evolution of environmental law in Europe
4. International Court of Justice Advisory Opinion on Obligations of States in Respect of Climate Change and the Development of International Law
5. Prawo ochrony środowiska: stan obecny i kierunki rozwoju w Europie i w Polsce na tle tendencji światowych
6. Wyzwania i innowacje prawne w Porozumieniu z 2023 r. w sprawie ochrony i zrównoważonego wykorzystania morskiej różnorodności biologicznej poza granicami jurysdykcji państw
7. Między upolitycznieniem a uspołecznieniem: jak projektować polityki klimatyczne i jak o nich mówić
8. Maladaptacja do zmian klimatu w przestrzeni miejskiej

Sesja referatowa II – Monitoring, modelowanie i technologie środowiskowe

9. Zarządzanie zapachową jakością powietrza – obecne rozwiązania, wyzwania oraz rola nowoczesnych technologii w polityce publicznej i praktyce wdrożeniowej
10. National air quality modeling system in the context of the AAQD implementation – from forecasts to a decision-making
11. Zastosowanie teledetekcji satelitarnej w ochronie środowiska i zarządzaniu zasobami przyrodniczymi
12. Supporting biodiversity and climate policy through tree cover monitoring with Copernicus Land Monitoring Service products
13. Pomiary emisji niezorganizowanej z wykorzystaniem BSP
14. Centralna Baza Emisyjna – wysokorozdzielcze emisje dla całej Polski

Sesja referatowa III – Różnorodność biologiczna, ekosystemy i zrównoważone rolnictwo

15. Restoring natural resources: a regulatory challenge for a sustainable food system – a comparative analysis
16. Krajobraz rolniczy jako przestrzeń odbudowy bioróżnorodności – znaczenie ekoschematów i interwencji rolno-środowiskowo-klimatycznych
17. Śledzenie odporności obszarów suchych: zmienność biogeochemiczna w latach 2020 i 2022 w obszarze wschodniej Australii
18. Zmienność genetyczna jako gwarant trwałości lasów: wnioski z rodowo-proweniencyjnych powierzchni badawczych dębu w Oleszycach dla strategii ochrony zasobów genowych
19. Optymalne projektowanie kontraktów rolno-środowiskowych służących ograniczeniu emisji metanu z produkcji mlecznej w Polsce

Sesja referatowa IV – Zmiana klimatu, ryzyko i odporność środowiska

20. Obowiązek naprawienia szkody klimatycznej w prawie międzynarodowym
21. Climate Induced Sea-Level Rise, Statehood, and the Challenge to the International Legal Order
22. Geologiczne uwarunkowania odporności polskiego wybrzeża na zmiany klimatu
23. Rozwój Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej w Polsce w kontekście rosnącego ryzyka klimatycznego
24. Podatność klimatyczna wód podziemnych na obszarze Polski
25. Ile kosztują Polskę ekstremalne zjawiska pogodowe? Znaczenie oceny strat w adaptacji do zmian klimatu

Sesja referatowa V – Transformacja energetyczna, polityka lokalna i zarządzanie środowiskowe

26. Miejski plan adaptacji jako narzędzie sprawiedliwej adaptacji do zmiany klimatu
27. Między państwem a rynkiem: dlaczego commons, choć problematyczne, są kluczowym ogniwem lokalnej polityki klimatycznej?
28. SMR jako narzędzie sprawiedliwej dekarbonizacji ciepłownictwa i przemysłu: model prawno-regulacyjny alokacji kosztów sieciowych i transformacyjnych w erze AI oraz centrów danych
29. System zarządzania neutralnością klimatyczną województwa wielkopolskiego jako narzędzie integrujące działania adaptacyjne, mitygacyjne i odpornościowe w ramach projektu
30. Od diagnozy do działań naprawczych – wykorzystanie Strategicznych Map Hałasu w ochronie środowiska

Sesja referatowa VI – Remediacja środowiska, odpady i gospodarka zasobami

31. Mikrozanieczyszczenia w środowisku: substancje czynne leków oraz mikroplastik
32. Sita molekularne w selektywnej remediacji środowiska gruntowo-wodnego: od metali ciężkich po wyzwania ery farmaceutyków i nanocząstek – 40 lat doświadczenia badawczego
33. Znaczenie zrekultywowanych hałd odpadów w gospodarce o obiegu zamkniętym
34. Transgraniczne przemieszczanie odpadów – wyzwania dla służb i organów ścigania

Sesja posterowa

P.1. Design focused on therapeutic properties of landscape in architecture and urban planning. Health-promoting places in the city
P.2. Możliwości wykorzystania surowców odzyskanych ze ścieków komunalnych w produkcji systemów GRP w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym i zrównoważonego rozwoju
P.3. Tiny Particles, Big Problem: Micro- and Nanoplastics in Drinking Water
P.4. Ocena wpływu herbicydu na bazie glifosatu na aktywność fotosyntetyczną zielenicy *Pseudopediastrum boryanum* w warunkach laboratoryjnych
P.5. Znaczenie mikroorganizmów glebowych w rolnictwie w obliczu zmian klimatycznych
P.6. Towards Low-Carbon Cement: Multiscale Modeling of Nano-Engineered Cementitious Composites for Sustainable Infrastructure
P.7. Modelowanie emisji z sektora komunalno-bytowego w Polsce z wykorzystaniem danych o wysokiej rozdzielczości
P.8. Temperatura powietrza w Zamościu jako wskaźnik zmian klimatu
P.9. Dekarbonizacja gospodarki Polski w kontekście UE – skutki dla gospodarki, rynku pracy i dochodów
P.10. Zintegrowany proces przygotowania i monitorowania Miejskich Planów Adaptacji: poradnik, lista kontrolna i system mMPA

P.11. Ścieki bez granic – transgraniczne podejście do monitoringu i ograniczania mikrozanieczyszczeń w środowisku wodnym

P.12. Oczyszczalnie ścieków jako źródło emisji farmaceutyków: Czy systemy oczyszczania chronią nasze rzeki?

P.13. Zastosowanie dronów w zielonych sektorach i gospodarce cyfrowej – projekt DRONES360

P.14. Model decyzyjny – przeciwdziałanie zmianie klimatu przez małe i średnie miasta w Polsce

P.15. Ocena ryzyka ekologicznego gleb zanieczyszczonych przemysłowo w oparciu o model TRIAD

P.16. Nowe regulacje w gospodarce ściekowej a mikrozanieczyszczenia: wyzwania i znaczenie współpracy transgranicznej

P.17. Bisphenol mixtures: unseen threats to aquatic life

P.18. Ocena podatności na biodegradację smarów przemysłowych z wykorzystaniem mikrobiomu miejskiej i przemysłowej oczyszczalni ścieków

P.19. The Impact of Lowering Beef Production in the EU on Global Greenhouse Gas Emissions

P.20. Pierwiastki krytyczne w obiegu zamkniętym – rola zrównoważonych materiałów mineralnych i biosorbentów w odzysku metali z roztworów wodnych

P.21. Od odpadu do funkcjonalnego materiału: praktyczne zastosowanie płyt kompozytowych w gospodarce o obiegu zamkniętym

P.22. Rozwój bazy emisyjnej dla sektora rolniczego z wykorzystaniem krajowego systemu identyfikacji i rejestracji zwierząt obsługiwanego przez ARiMR

P.23. Przegląd aktualnych rozwiązań w kontekście modelowania odorów

P.24. Znaczenie „przydomowych lasów" dla zachowania bioróżnorodności fauny – badania pilotażowe z wykorzystaniem fotopułapek

P.25. Rośliny na progesteronie: efekt zielonej pigułki

P.26. Regulacje na temat adaptacji do zmian klimatu w prawie. Refleksje na podstawie ekspertyzy „Regulacje prawne na temat adaptacji do zmian klimatu w innych państwach"

P.27. Zaawansowane technologie środowiskowe – rola nośników biomasy w reaktorach biologicznych do oczyszczania odcieków składowiskowych

P.28. Procesy chemiczne w oczyszczaniu odcieków składowiskowych – nowe kierunki w ochronie środowiska

P.29. Wpływ na środowisko dużych farm fotowoltaicznych

P.30. Determinants of implementation food loss measurement methods in the agri-food sector – organisational barriers and implications for resource efficiency

P.31. Nowe rozwiązania i perspektywy rozwoju metodyki szacowania emisji z transportu drogowego w ramach Centralnej Bazy Emisyjnej

P.32. Porównanie stężeń i składu pyłu PM2.5 w Warszawie w latach 2016 i 2023–2024 w kontekście wdrożenia uchwały antysmogowej

P.33. Występowanie PFAS w ściekach i ich znaczenie dla jakości środowiska

P.34. Opady atmosferyczne w zmieniającym się klimacie na przykładzie Szczecina (1951–2025)

P.35. Dynamika zmian warunków biotermicznych w Gorzowie Wielkopolskim podczas fal upałów w świetle zmiany klimatu

P.36. Wielopoziomowe zarządzanie w adaptacji do zmiany klimatu

P.37. Zawartość i charakterystyka mikroplastiku w glebach obszarów intensywnej uprawy szklarniowej

P.38. Rosnące zagrożenie osuwiskowe w warunkach zmian klimatu – integracja monitoringu, danych opadowych i analiz podatności

P.39. Circular Economy & Digital Skills – Developing Future Skills for a Sustainable Economy

P.40. Evaluation of the physico-chemical properties and ecotoxicity of a growing medium composed of crushed construction waste and compost – preliminary studies

Dear Friends and Colleagues,

The Jubilee Scientific Conference of the Institute of Environmental Protection – National Research Institute (IOŚ-PIB), organised on the occasion of the fortieth anniversary of the Institute's establishment, provides a unique opportunity to reflect on the Institute's scientific, advisory and implementation achievements, while also considering future directions for environmental policy, scientific research and innovation in support of environmental protection. Held under the theme 'From the Past to the Future: 40 Years of Environmental Protection in Poland', the conference aptly captures both the commemorative character of the event and its forward-looking perspective on the challenges facing contemporary environmental protection.

In designing the conference programme, our aim has been to create a forum for dialogue between representatives of academia, public administration, business and civil society. Contemporary environmental challenges are complex and multidimensional, and addressing them effectively requires cooperation among experts representing different disciplines and fields of practice. The conference provides a platform for the exchange of knowledge, experience and good practices, while also fostering new professional networks and collaborative research initiatives. A particular strength of the conference is its international character. The event brings together distinguished experts from Poland and abroad, representing academia, European institutions and organisations engaged in the development of environmental policy.

The conference focuses on some of the most pressing issues in contemporary environmental protection. Particular attention is devoted to climate change and adaptation measures, biodiversity conservation, air quality improvement, the circular economy, innovative environmental technologies, and the protection of natural and water resources. Discussions during the plenary and thematic sessions demonstrate that an effective response to environmental challenges requires not only the advancement of scientific knowledge but also its practical application in law-making, public governance and economic activity.

The conference programme has been designed to combine a historical perspective with a reflection on the future. The Institute's fortieth anniversary provides an opportunity to revisit the most significant achievements of environmental science in Poland and to highlight the role that IOŚ-PIB has played, and continues to play, in shaping national environmental policy. At the same time, participants engage in discussions on emerging challenges related to the energy transition, climate neutrality, environmental security, and the use of modern research and digital tools in environmental protection.

A highlight of the conference is the panel discussion entitled "Environmental Protection in Times of Climate and Geopolitical Crises", which I have the privilege of moderating. The panel brings together Leena Ylä-Mononen, Executive Director of the European Environment Agency; Professor Luc Lavrysen, President of the Belgian Constitutional Court and a distinguished scholar of environmental law; Professor Malgosia Fitzmaurice of Queen Mary University of London; Dr Artur Runge-Metzger, a long-serving official of the European Commission and one of the principal architects of European climate policy; and Professor Katarzyna Nowak of the Mammal Research Institute of the Polish Academy of Sciences.

The discussion focuses on the challenges of environmental protection in a period characterised by overlapping climatic, environmental, geopolitical and societal crises. Panel participants address the relationship between scientific knowledge and political action, the role of social sciences in designing effective and socially acceptable environmental policies, and the importance of democratic institutions and the rule of law for environmental governance. The debate also explores developments in international environmental and climate law, the growing significance of strategic litigation, and the recognition of environmental rights. Particular attention is devoted to the role of ambitious European climate policies in fostering innovation, industrial modernisation, energy security and economic competitiveness. The panel also reflects on planetary boundaries, the biodiversity crisis, and opportunities for strengthening society's capacity to respond effectively to contemporary environmental challenges.

This volume contains abstracts of contributions prepared by conference participants. Together, they reflect the diversity of topics addressed during the conference and the richness of the perspectives presented. It is my hope that these papers facilitate scholarly exchange during the conference and serve as an inspiration for further research, interdisciplinary cooperation and the search for effective solutions in support of environmental protection and sustainable development.

On behalf of the Organising Committee, I would like to express my sincere gratitude to all speakers, authors, participants and partners whose contributions have made this event possible. I am convinced that this Jubilee Scientific Conference provides an important forum for discussing the future of environmental protection in Poland and reaffirms the vital role of science in informing responsible public decision-making.

Marcin Stoczkiewicz, PhD, Habil.
Director of the Institute of Environmental Protection – National Research Institute
Chair of the Organising Committee

1

Ochrona środowiska w Polsce w latach 1988-2024

Environment protection in Poland in years 1988-2024

Maciej Nowicki[1]

W referacie przedstawiono stan zanieczyszczenia Polski przed 1989 rokiem i na tym tle postępy, jakie dokonały się w Polsce w ostatnich dekadach. Podkreślono, że w czasie rządów komunistycznych Polska była najbardziej zanieczyszczonym krajem w Europie. Zimą smog panował we wszystkich aglomeracjach miejsko-przemysłowych, ze szczególną intensywnością na Górnym Śląsku i w Krakowie. Tylko 40% miast posiadało oczyszczalnie ścieków, w wyniku czego większość rzek i jezior miała wodę pozaklasową. Aż 99% odpadów komunalnych wyrzucano na wysypiska, z których ponad 1500 było nielegalnych. Koszty materialne związane z zanieczyszczeniem środowiska szacowano na 5-10% dochodu narodowego, nie licząc ogromnych kosztów zdrowotnych.

W pierwszych trzech latach naszej transformacji ustrojowej (lata 1989-1992) położono fundamenty pod gruntowną poprawę stanu środowiska, wprowadzając w życie pakiet podstawowych ustaw, ustanawiając system kontroli ich przestrzegania oraz stworzono unikatowy w skali świata pozabudżetowy mechanizm finansowego wspierania inwestycji służących ochronie środowiska.

Drugim, ważnym bodźcem do przyspieszenia działań przywracających czystość środowisku było przystąpienie Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku, co wiązało się z koniecznością przyjęcia całego unijnego systemu prawnego w tej dziedzinie. Od tego czasu krajowe fundusze ekologiczne wspierane są przez znaczne fundusze z Unii Europejskiej, dzięki czemu notuje się dalsze, szybkie postępy w ochronie środowiska.

W rezultacie wszystkich tych działań poczynione zostały ogromne postępy w ochronie atmosfery, ochronie wód, a w ostatniej dekadzie także w gospodarce odpadami, ale jednocześnie notuje się narastające problemy związane z ochroną przyrody. W referacie przedstawiono porównanie stanu wybranych komponentów środowiska w 1988 roku w stosunku do stanu obecnego, aby zobrazować tezę o dokonanych postępach, ale także zasygnalizowano problemy, które jeszcze wymagają rozwiązania, a nawet narastają w ostatnim czasie. Niemniej główny wniosek jest taki, że jednym z największych sukcesów naszej transformacji ustrojowej po 1989 roku było przywracanie czystości środowisku, z wielką korzyścią dla zdrowia i poziomu życia wszystkich obywateli.

SŁOWA KLUCZOWE | ochrona środowiska, Polska, Unia Europejska
KEYWORDS | enviroment protection, Poland, European Union

[1] Prof. dr hab. inż. Maciej Nowicki, profmaciejnowicki@gmail.com, +48 793810718

2

Invironmental protection in Europe: science informing policy for a sustainable future

Leena Ylä-Mononen[1]

The climate and environment have been on the political agenda in Europe for more than half a century, with the European Environment Agency (EEA) providing European policymakers with data, knowledge and assessment on these topics since 1994.

The outlook for Europe's environment as a whole is not good, and we are not on track to meet the majority of our targets. But it is not all doom and gloom. In certain areas we have made significant strides forward, and we have concrete examples of success that should – and must – inspire us to do more.

Europe's transformation to sustainability requires that we examine our societal systems – things like energy, food, mobility, production and consumption – and imagine a future for them which protects our environment and climate while promoting health, prosperity and security for all our citizens. Any transition of this magnitude will inevitably have winners and losers. The challenge is to design and implement a transition that mitigates this and has fairness at its heart.

The impacts of a changing climate are becoming more apparent with each passing year, and the costs of inaction are mounting in both human and economic terms. Adaptation and societal resilience are now key concepts in the policy debate, and they offer significant societal opportunities if they are approached correctly. Early investment in adaptation can generate strong returns through avoided damages, improved security, societal benefits, and increased competitiveness and innovation.

Uncertainties linked to the situation in the Middle East are also at the centre of today's policy conversations. They demonstrate the economic and strategic vulnerabilities associated with our unhealthy reliance on imported fossil fuels, and they highlight the need to stay the course on our transition to secure, renewable, affordable energy.

Scientific data, research and assessment are the cornerstone of progress that has already been made over the last forty years and more. Europe has played a leading role globally, and we must fight to maintain this global leadership. Working closely with partners in Poland and across Europe, the EEA is in a unique position to provide pan-European assessment that supports coherent European policy and systemic transformation. But delivering the transition is not only about policies and technologies. European society also has to be on board, so trust, credibility and narrative are now more important than ever.

KEYWORDS | climate, environment, sustainability, data, assessment, adaptation, policy

[1] Leena Ylä-Mononen, Executive Director, European Environment Agency

3

Theorizing about the evolution of environmental law in Europe

Gerd Winter[1]

Socialism and capitalism have in the past both overexploited the natural resources, though for different reasons.

In very general terms, and disregarding differences between states, socialism was based on an ideal of integration of nature and humans. Environmentally concerned economic planning was employed as an instrument, and participation of socio-economic collectives envisaged as procedural footing. In practice, however, plans have often prioritised economic development or were insufficiently implemented, while societal collectives could not match bureaucratic dominance.

With entering the European Community socialist states were exposed to West European capitalism, though one at an already developed stage. Capitalism in its early phases conceived the „environment" as a free good that can be exploited for private profit and, indirectly, the supply of consumers. Rights of participation and legal protection was provided for economic actors but hardly for concerned third persons. The European integration, too, originally focussed on economic growth, such as by creating the internal market and promoting economic infrastructure.

Gradually, however, since the 1970s a regulatory framework for environmental protection has been created, first by West European and to some extent some Central European states (such as Poland), more and more, however, under guidance of the European Community and Union. In substance, the Union has established a high level of protection of the environment and human health. In procedural terms, it has introduced extensive rights of public participation and third party access to justice. In factual effect, green house gas emissions were reduced, pollution abated, products eco-designed, waste recycled and nature conserved. However, although EU environmental law probably is the most advanced in comparison with other industrialised regions there are still huge drawbacks, in particular concerning the climate, biodiversity, water, soil, energy, chemicals, etc. In view of this a more profound transformation gained political support and was written into the ambitious Green Deal programme in 2019.

However, such internal transformative moves are increasingly exposed to external challenges. High environmental standards of the Union may incentivise industries to move out to lower standard countries and cause damage there. The promotion of renewables causes nature destruction abroad where rare minerals are exploited. Imported substandard products may outcompeted internal products. In reaction, environmental standards have been attenuated for relocation prone enterprises, enterprises are made responsible for their supply chain, border adjustment levies are charged for imported products.

Overall, though, such unilateral measures are hardly sufficient. The fundamental transformation must be multilaterally agreed. There is an urgent need for an earth system law that confines human ambition within the carrying ability of the biosphere.

KEYWORDS | environmental law, socialist and capitalist traditions, European integration, unilateral and multilateral legal instruments

[1] Prof. Dr. iur., Lic.rer.soc., Dres. h. c. (Lucerne, Tbilisi) Gerd Winter, Law Department, University of Bremen, Germany, gwinter@uni-bremen.de, +49 421 703112

4

International Court of Justice Advisory Opinion on Obligations of States in Respect of Climate Change and the Development of International Law

Malgosia Fitzmaurice[1]

The Advisory of the ICJ has clarified and developed many areas of international law. This presentation will be focused on some of its aspects, such as the standard of due diligence, erga omnes obligations and finally intergenerational equity. The ICJ's findings have made fundamental changes in the perception of certain principles of international law. For example, the due diligence standard was raised to 'stringent'. The ICJ clarified that due diligence is an obligation of conduct, requiring states to use 'all means at their disposal' to prevent climate change from causing significant environmental harm, particularly regarding NDC progression and 1.5°C targets. It is an evolving standard based on best efforts. An obligation of conduct, meaning responsibility is incurred if a state fails to take all necessary, reasonable measures to prevent harm, regardless of whether the final harm is completely avoided. The standard is not static; it grows more stringent with advancements in science and technology. States must deploy 'adequate means', exercise best possible efforts, and do their utmost" to prevent harm to the climate system. This standard requires taking into account a state's specific capabilities and circumstances.

In relation to obligations erga omnes, the Court solidified that States have a collective interest in environmental protection, enabling any State to invoke responsibility for climate harm breaches, thus confirming that climate obligations are owed to the international community as a whole, marking a crucial step in enforcement. The Court elevated the principle of intergenerational equity is a binding legal principle, requiring states to protect the climate for future generations. It solidified duties of prevention and due diligence, transforming ethical duties into concrete legal obligations. The ICJ framed current generations as trustees of the Earth, responsible for passing on a habitable, stable climate to future generations. The opinion converts the ethical duty to protect future generations into enforceable legal expectations, moving beyond aspirational goals.

KEYWORDS | Climate change, International Coir of Justice, Advisory Opinion, obligations of States, due diligence, obligations erga omnes

[1] Prof. Malgosia Fitzmaurice, Professor of International Law, Queen Mary University of London, Titular Member of the L'Institut de Droit International

5

Prawo ochrony środowiska: stan obecny i kierunki rozwoju w Europie i w Polsce na tle tendencji światowych

Environmental law: current status and development directions in Europe and Poland in light of the world tendencies

Jerzy Jendrośka[1]

Referat przedstawia rozważania na temat obecnego stanu i kierunków rozwoju prawa ochrony środowiska w Europie i w Polsce na tle tendencji światowych. Tłem do tych rozważań są spostrzeżenia dotyczące upadku dotychczasowego tzw. „porządku międzynarodowego" (international legal order) oraz nasilającej się konfrontacji demokratycznego państwa prawa z tendencjami autokratycznymi, a także wyzwań stojących przed ochroną środowiska, związanych z problemami globalnymi (takimi jak zmiany klimatyczne czy zanik bioróżnorodności) oraz globalizacją gospodarki. Zjawiska te mają pewien wpływ na prawo ochrony środowiska, zwłaszcza w kontekście jego wielopoziomowej struktury (tzw. multilevel governance system), obejmującej w przypadku Polski zarówno poziom globalny, jak i regionalny (w tym znaczącą rolę prawa UE). W tym kontekście pojawiają się oznaki nowego podejścia do kwestii takich jak zmiany klimatyczne (nie tylko dekarbonizacji ale też i adaptacji do zmian klimatu), zaniku bioróżnorodności (w tym nie tylko ochrony ale wręcz odbudowy zasobów przyrodniczych) czy też kontroli zanieczyszczeń i substancji chemicznych (gospodarka o obiegu zamkniętym). Zwracają uwagę tendencje do uznania prawa człowieka do środowiska, a jednocześnie uznawania tzw. Rights of Nature, nowe podejście do tworzenia standardów międzynarodowych (np. Porozumienie Paryskie) oraz unijnych (np. Nature Restoration Law) oraz próby konkretyzacji zasady zrównoważonego rozwoju (np. poprzez SDGs), a także zwiększona rola udziału społeczeństwa (w tym organizacji ekologicznych) oraz instytucji ocen oddziaływania na środowisko.

Unia Europejska próbuje odgrywać w powyższych sprawach rolę wiodącą (a nawet tzw. trendsettera) choć tworzenie unijnego prawa ochrony środowiska nie jest wolne od sprzeczności i konfliktów związanych z uwarunkowaniami politycznymi, zarówno wewnątrz, jak i poza Unią. Znajduje to odzwierciedlenie w podejściu do unijnej polityki ochrony środowiska i rewizji pewnych założeń tzw. Europejskiego Zielonego Ładu (European Green Deal). W Polsce, w kwestiach globalnych, dominuje spojrzenie bardzo lokalne, często oparte na przekonaniu, że „nas to nie dotyczy". W odniesieniu do inicjatyw unijnych postawa Polski pozostaje raczej retroaktywna, a jeśli aktywna – to raczej w ich negowaniu. Prawo Polskie w zakresie ochrony środowiska ma charakter w dużej mierze wtórny w stosunku do prawa unijnego – polega na minimalistycznej (i często niechętnej) implementacji wymagań unijnych, w tym transpozycji dyrektyw i wdrażaniu rozporządzeń, oraz ewentualnie tzw. "czyszczeniu", czyli zmianach prawa głównie w wyniku doświadczeń praktycznych).

W efekcie należy stwierdzić, że stan prawa ochrony środowiska w Polsce odzwierciedla ogólne podejście do ochrony środowiska. Polska, mimo że pozostaje w gronie najbardziej zanieczyszczonych państw UE, jest generalnie państwem mało zainteresowanym ochroną środowiska. Edukacja ekologiczna w niewielkim tylko stopniu pokazuje istotę związanych z tym dylematów dyskutowanych na forum globalnym i europejskim. Wpływa to na debatę polityczną, w której kwestie te pojawiają się rzadko, a jeśli już – to w dość przakłamanej formie.

SŁOWA KLUCZOWE | prawo, ochrona środowiska, Unia Europejska, tendencje
KEYWORDS | law, environmental protection, European Union, tendencies

[1] Dr hab. Jerzy Jendrośka, prof. UO, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, jerzy.jendroska@ios.edu.pl

6

Wyzwania i innowacje prawne w Porozumieniu z 2023 r. w sprawie ochrony i zrównoważonego wykorzystania morskiej różnorodności biologicznej poza granicami jurysdykcji państw

Challenges pertaining to and legal innovations of the 2023 Agreement under the United Nations Convention on the Law of the Sea on the Conservation and Sustainable Use of Marine Biological Diversity of Areas beyond National Jurisdiction

Konrad Jan Marciniak[1]

Porozumienie w sprawie ochrony i zrównoważonego wykorzystania morskiej różnorodności biologicznej poza granicami jurysdykcji państw (Porozumienie BBNJ) zostało przyjęte w 2023 r. i weszło w życie 17 stycznia 2026 r. Stanowi ono rezultat blisko 20 lat negocjacji, których celem było uzupełnienie ram prawnych Konwencji Narodów Zjednoczonych o prawie morza (UNCLOS) o nowe rozwiązania dotyczące morskich zasobów genetycznych (ang. *marine genetic resources*, MGRs), środków zarządzania obszarowego (ang. *area-based management tools*, ABMTs), w tym morskich obszarów chronionych (ang. marine protected areas, MPAs), ocen oddziaływania na środowisko (ang. *environmental impact assessment*, EIA) oraz budowania potencjału i transferu technologii morskich (ang. *capacity-building and the transfer of marine technology*, CBTMT).

Porozumienie BBNJ ma charakter umowy implementacyjnej względem UNCLOS, nazywanej często „Konstytucją mórz i oceanów". Niemniej jednak, relacja poszczególnych rozwiązań prawnych przyjętych w Porozumieniu BBNJ do tych znanych z UNCLOS nie jest jednorodna. W niektórych wypadkach (np. EIA czy CBTMT) można argumentować, że są to postanowienia uszczegółowiające czy operacjonalizujące rozwiązania UNCLOS. W innych – dotyczy to zwłaszcza Części II Porozumienia BBNJ odnoszącej się do MGRs – mają one charakter w znacznym stopniu innowacyjny. Ponadto, Porozumienie BBNJ przewiduje bardzo rozbudowany system instytucjonalny, a także przejmuje system rozstrzygania sporów z UNCLOS.

Porozumienie BBNJ jest pod wieloma względami umową szczególną. Przykładowo, jest jedną z niewielu umów wielostronnych przyjętych w ostatnim okresie pod auspicjami ONZ; reguluje obszary poza granicami jurysdykcji państw; rozwija postanowienia UNCLOS także w relacji do nowych wyzwań dotyczących bioróżnorodności morskiej (jak np. wykorzystanie MGRs) czy stosuje znane już w prawie międzynarodowym rozwiązania, ale nie zastosowane wprost w takim zakresie w relacji do obszarów poza granicami jurysdykcji państw (np. EIA oraz ABMTs).

Samo więc przyjęcie Porozumienia BBNJ jest tylko początkiem jego drogi. Przed stronami Porozumienia BBNJ (obecnie: 89 państw) stoi więc jeszcze wiele wyzwań prawnych, proceduralnych oraz instytucjonalnych. Wystąpienie na konferencji stawia sobie za cel zidentyfikowanie oraz analizę wybranych z nich. Ustalenia te mogą mieć znaczenie ogólne, ale potencjalnie też w relacji do Polski, która choć podpisała Porozumienie BBNJ, dotychczas go nie ratyfikowała. Niemniej jednak, uczyniła to sama Unia Europejska oraz istotna część jej państw członkowskich. Niewątpliwie też, zbliżające się pierwsze spotkanie państw-stron Porozumienia (styczeń 2027 r.) będzie miało istotne znaczenie dla przyszłego funkcjonowania tego reżimu prawnego.

SŁOWA KLUCZOWE | prawo morza, Konwencja Narodów Zjednoczonych o prawie morza, UNCLOS, Porozumienie BBNJ, bioróżnorodność morska, obszary poza granicami jurysdykcji państw, morskie zasoby genetyczne, zarządzanie obszarowe, morskie obszary chronione, oceny oddziaływania na środowisko

KEYWORDS | law of the sea, United Nations Convention for the Law of the Sea, UNCLOS, BBNJ Agreement, marine biodiversity, areas beyond national jurisdiction, marine genetic resources, area-based management tools, marine protected areas, environmental impact assessments

[1] Dr Konrad Jan Marciniak, Sędzia Międzynarodowego Trybunału Prawa Morza, marciniak@itlos.org

7

Między upolitycznieniem a uspołecznieniem: jak projektować polityki klimatyczne i jak o nich mówić

Between Politics and Society: Designing and Narrating Climate Policies

Przemysław Sadura[1], Bartosz Matyja[2], Piotr Drygas[3]

W ostatnich latach można zaobserwować wyraźny spadek poparcia dla ambitnych celów klimatycznych. Polityki ukierunkowane na ograniczanie zmian klimatu stały się jedną z osi sporu politycznego, wpisując się w dynamikę rosnącej polaryzacji oraz podatności społeczeństwa na dezinformację. Temu odwrotowi sprzyjają przemiany technologiczne i regulacyjne w sferze medialnej, zmieniające radykalnie infrastrukturę debaty publicznej. W tej sytuacji coraz bardziej palącym wyzwaniem staje się nie tylko projektowanie adekwatnych rozwiązań instytucjonalnych, lecz także uwzględnienie ich społecznych uwarunkowań.

Problematyka klimatyczna funkcjonuje dziś równocześnie jako obszar działań publicznych oraz jako pole sporów politycznych i mobilizacji społecznej. Spór polityczny nie musi być jednak wyłącznie przeszkodą. Debata publiczna może sprzyjać artykulacji interesów, wzmacniać partycypację i włączać różne grupy społeczne w procesy decyzyjne. Wymaga to jednak osadzania działań klimatycznych w kategoriach wspólnego interesu społecznego oraz projektowania rozwiązań instytucjonalnych zdolnych do utrzymania swojej legitymizacji w warunkach napięć politycznych, polaryzacji i presji populizmu.

W wystąpieniu proponujemy możliwe drogi wyjścia z obecnego impasu poprzez takie formułowanie polityk i uzasadniających ich narracji, które czynią problematykę klimatyczną bliższą doświadczeniu społecznemu, bez rezygnacji z ambitnych celów klimatycznych. Wskazujemy przy tym na sposoby ramowania polityk klimatycznych, które pozwalają powiązać je z innymi społecznie ważnymi problemami, takimi jak bezpieczeństwo geopolityczne i ekonomiczne czy adaptacja i odporność społeczna (*social resilience*).

W naszym wystąpieniu opieramy się na wynikach prowadzonych przez nas badań ilościowych i jakościowych dotyczących ramowana polityk klimatycznych oraz społecznego poparcia dla działań mitygacyjnych i adaptacyjnych. Odwołujemy się także do naszych analiz głównych nurtów dezinformacji klimatycznej w kontekście społecznej polaryzacji i rywalizacji politycznej.

SŁOWA KLUCZOWE | polityki klimatyczne, dezinformacja klimatyczna, adaptacja, odporność społeczna, polaryzacja

KEYWORDS | climate policies, climate disinformation, adaptation, social resilience, polarization

[1] Dr hab. Przemysław Sadura, prof. UW, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy; Wydział Socjologii, Uniwersytet Warszawski, przemyslaw.sadura@ios.edu.pl

[2] Mgr Bartosz Matyja, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy; Wydział Socjologii, Uniwersytet Warszawski, bartosz.matyja@ios.edu.pl

[3] Mgr Piotr Drygas, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy; Wydział Socjologii, Uniwersytet Warszawski, piotr.drygas@ios.edu.pl

8

Maladaptacja do zmian klimatu w przestrzeni miejskiej

Maladaptation to climate change in urban space

Mira Poręba[1]

Maladaptacja w miejskiej adaptacji do zmian klimatu to działania podejmowane w celu ograniczania ryzyka klimatycznego, prowadzące równocześnie do powstawania nowych form wykluczenia. W literaturze maladaptacja jest definiowana nie jako zwykła nieskuteczność polityki, lecz jako proces, w którym odpowiedź adaptacyjna może ostatecznie zwiększać wrażliwość części użytkowników miasta na skutki zmian klimatu. Takie ryzyko jest szczególnie istotne w miastach, gdzie adaptacja koncentruje się dziś na rozwiązaniach ekologicznych: rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury, zwiększaniu retencji wód opadowych, ograniczaniu efektu miejskiej wyspy ciepła, redukcji ruchu samochodowego oraz promowaniu transportu publicznego, pieszego i rowerowego. Rozwój miast odpornych na zmianę klimatu powinien być zarazem inkluzywny, bezpieczny i sprawiedliwy społecznie. Okazuje się, że ryzyko może wynikać nie tylko ze zmiany klimatu, lecz także z tego, jak się na nią reaguje. Raporty i badania dotyczące polityk klimatycznych pokazują, że osoby z niepełnosprawnościami są nadal słabo uwzględniane zarówno w krajowych planach adaptacyjnych, jak i w działaniach mitygacyjnych, mimo że są ponadproporcjonalnie narażone na skutki ekstremalnych zjawisk, w tym fal upałów i kryzysów środowiskowych. Celem opracowania jest analiza obecnie istniejących 44 miejskich planów adaptacji pod kątem uwzględnienia w nich osób z niepełnosprawnościami i ryzyka wystąpienia maladaptacji. Jest to konieczne, żeby wskazać odpowiednie podejście uwzględniające potrzeby osób z niepełnosprawnościami przy opracowaniu nowych MPA.

W niektórych MPA osoby z niepełnosprawnościami są wskazane wprost, ale najczęściej tylko w części diagnostycznej jako element „grup wrażliwych"; dużo rzadziej przekłada się to na osobne działania adaptacyjne. W wielu planach pojawia się szeroka kategoria „zdrowie publiczne/grupy wrażliwe", lecz bez jednoznacznego rozwinięcia na dostępność, projektowanie uniwersalne czy procedury dla osób z niepełnosprawnościami. Od 2019 roku w Polsce obowiązuje ustawa o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami, która jest kluczowym aktem dla projektowania uniwersalnego i dostępności instytucji publicznych. Brakuje stosownych aktualizacji powstałych wcześniej MPA w tym zakresie.

Adaptacja miejska projektowana wyłącznie według wskaźników środowiskowych może prowadzić do niezamierzonych skutków ubocznych. Przykładem są przebudowy ulic, placów i terenów publicznych podporządkowane zazielenianiu, ogrodom deszczowym, nieckom retencyjnym lub nawierzchniom przepuszczalnym, które poprawiają bilans wodny i mikroklimat, lecz zarazem pogarszają czytelność i funkcjonalność przestrzeni dla części mieszkańców. Podobne napięcia pojawiają się przy polityce dekarbonizacji mobilności. Ograniczanie ruchu samochodowego i rozwój transportu zbiorowego są kluczowe dla celów klimatycznych, ale mogą okazać się społecznie nieskuteczne, jeśli system transportowy nie został zaprojektowany dla różnych użytkowników. Skuteczna adaptacja miejska powinna zatem łączyć poprawę parametrów ekologicznych z zasadami projektowania uniwersalnego, dostępności i partycypacji społecznej. Tylko wtedy błękitno-zielona transformacja miasta może realnie zwiększać odporność klimatyczną, zamiast produkować nowe nierówności w dostępie do bezpiecznej przestrzeni miejskiej.

SŁOWA KLUCZOWE | maladaptacja, zmiana klimatu, dostępność, OzN, osoby z niepełnosprawnościami, MPA
KEYWORDS | maladaptation, climate change, accessibility, persons with disabilities, urban adaptation plan, cities adaptation plan

[1] Dr Mira Poręba, Espresso 77 Communications, poreba.mira@gmail.com

9

Zarządzanie zapachową jakością powietrza – obecne rozwiązania, wyzwania oraz rola nowoczesnych technologii w polityce publicznej i praktyce wdrożeniowej

Management of Odour-Related Air Quality: Current Solutions, Challenges, and the Role of Modern Technologies in Public Policy and Implementation Practice

Izabela Sówka[1]

Ocena zapachowej jakości powietrza jest zagadnieniem złożonym, wymagającym jednoczesnego uwzględnienia parametrów i charakteru emisji, zmienności warunków meteorologicznych, sposobu zagospodarowania przestrzennego oraz mechanizmów percepcji i reakcji osób oraz społeczności narażonych na oddziaływanie odorowe. Celem opracowania jest analiza aktualnych rozwiązań stosowanych w identyfikacji, charakterystyce i ograniczaniu oddziaływania zapachowego, ze szczególnym uwzględnieniem podstawowych barier utrudniających skuteczne zarządzanie zapachową jakością powietrza, a także określenie roli nowoczesnych technologii w tworzeniu spójnych procedur decyzyjnych.

W przeprowadzonej analizie uwzględniono metody pomiarów i analiz, powszechnie stosowane w ocenie oddziaływania odorowego oraz rozwiązania rozwijane w ostatnich latach, takie jak instrumentalne systemy monitoringu zapachu, elektroniczne nosy, zintegrowane z narzędziami GIS modele dyspersji, analiza danych oraz metody uczenia maszynowego wspierające rozpoznawanie epizodów odorowych i ocenę aktywności potencjalnych źródeł odorów. Uwzględniono również znaczenie rejestrów skarg i innych form pozyskiwania informacji o osobniczej i populacyjnej percepcji zapachów, a także planowania przestrzennego, czy standardów eksploatacyjnych. Szczególne znaczenie przypisano podejściu systemowemu, w którym dane pomiarowe, informacje o procesach technologicznych, warunkach meteorologicznych i topograficznych oraz dane o percepcji zapachów na danym terenie są analizowane łącznie.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że tradycyjne podejście, oparte głównie na punktowej kontroli emisji lub reakcji na skargi, okazuje się niewystarczające w sytuacjach, w których oddziaływanie zapachowe ma charakter zmienny, epizodyczny i zależny od lokalnych warunków propagacji. Nowoczesne technologie, takie jak rozwiązania oparte na sensorach, narzędzia modelowania, metody analizy danych i uczenia maszynowego, mogą zwiększać skuteczność zarządzania zapachową jakością powietrza m.in. poprzez wczesne wykrywanie zdarzeń odorowych, dokumentowanie ich przebiegu, wspieranie identyfikacji potencjalnych źródeł oraz ocenę efektów podejmowanych działań. Jednocześnie ich wykorzystanie wymaga walidacji, właściwej interpretacji danych oraz osadzenia w procedurach prawnych i organizacyjnych.

Podsumowując, skuteczne zarządzanie zapachową jakością powietrza powinno opierać się na podejściu ciągłym, udokumentowanym i zintegrowanym, uwzględniającym współpracę instytucjonalną i komunikację z interesariuszami. Największy potencjał wdrożeniowy mają rozwiązania łączące monitoring, modelowanie, analizę danych i mechanizmy partycypacyjne z instrumentami administracyjnymi oraz planowaniem przestrzennym. Tak rozumiane podejście pozwala nie tylko ograniczać oddziaływanie zapachowe, ale także zwiększać zaufanie społeczne do decyzji środowiskowych i ułatwiać zarządzanie konfliktami na terenach w otoczeniu instalacji emitujących odory.

SŁOWA KLUCZOWE | zapachowa jakość powietrza, olfaktometria dynamiczna, elektroniczny nos, modelowanie dyspersji, polityka publiczna, planowanie przestrzenne

KEYWORDS | odour-related air quality, dynamic olfactometry, electronic nose, dispersion modelling, public policy, spatial planning

[1] Dr hab. inż. Izabela Sówka, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej i Ochrony Atmosfery, izabela.sowka@pwr.edu.pl, +48 71 320 25 60

10

National air quality modeling system in the context of the AAQD implementation – from forecasts to a decision-making

Joanna Strużewska[1], Jacek W. Kamiński[2], Paweł Durka[3], Grzegorz Jeleniewicz[4], Aleksander Norowski[5], Wojciech Bagiński[6], Aleksandra Starzomska[7], Aneta Gienibor[8]

The role of air quality modelling as a supporting tool for providing information to citizens and policymakers is becoming more significant, as shown in recent research studies and enforcement of modelling applications in the new Ambient Air Quality Directive (AAQD 2024/2881).

Starting in 2018, the Institute of Environmental Protection – National Research Institute (IEP-NRI) is legislated to provide modelling as a support of air quality policy for Poland. This support covers modelling and its analysis required for annual air quality assessment (46 zones, including 30 urban areas), the impact of transboundary transport analysis on pollution concentrations in Poland, representativeness of monitoring stations, 5-year assessment for the purpose of zone classifications, modelled scenarios for National Air Quality Improvement Plan. An operational air quality forecast for 72 hours is also calculated every day and is being used for public information, as well as the source of air quality alerts published by Chief Inspectorate of Environmental Protection. All simulations are calculated with the GEM-AQ model (Kaminski et al., 2008), configuration and resolution are fit for purpose and depend on application – with concern of the European Commission Joint Research Centre (JRC) Forum for Air Quality Modeling (FAIRMODE) guidelines and evaluation methods. Most of the analyses cover the modelling of regulated pollutants (NO2, SO2, O3, PM10, PM2.5, BaP and arsenium in PM10) and are based on a high-resolution Central Emission Database created and updated on the annual basis by the National Centre for Emissions Management (KOBiZE) for Poland. Results and analysis are provided to the Chief Inspectorate of Environmental Protection, Ministry of Environment and Climate and published on IEP-NRI web pages.

The Ambient air Quality Directive, adopted in October 2024 expanded the role of air quality modelling, establish new standards and establish the collaboration framework in the scope of EuModNet – a network on the national reference modelling centers. New directive will expand IEP-NRI obligation with the modelling analysis for Air Quality Plans and Short Term action Plans.

We will present the configuration and solutions of the modelling system built in IEP-NRI. The strengths of the described approach, ongoing work in progress due to implementation of AAQD directive to national law, and further development plans will be shown and discussed.

KEYWORDS | air quality modelling, air pollution, policy support, air quality forecast, air quality plans

[1] Phd Joanna Strużewska, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, joanna.struzewska@ios.edu.pl, +48 37 50 651
[2] Prof. Jacek W. Kamiński, Institute of Environmental Protection – National Research Institute
[3] MSc Eng. Paweł Durka, Institute of Environmental Protection – National Research Institute
[4] MSc Eng. Grzegorz Jeleniewicz, Institute of Environmental Protection – National Research Institute
[5] MSc Eng. Aleksander Norowski, Institute of Environmental Protection – National Research Institute
[6] MSc Wojciech Bagiński, Institute of Environmental Protection – National Research Institute
[7] MSc Eng.Aleksandra Starzomska, Institute of Environmental Protection – National Research Institute
[8] MSc Aneta Gienibor, Institute of Environmental Protection – National Research Institute

11

Zastosowanie teledetekcji satelitarnej w ochronie środowiska i zarządzaniu zasobami przyrodniczymi

The use of satellite remote sensing in environmental protection and management of natural resources

Agata Hościło[1], Oliwier Zając[2], Milena Cudak[3], Aneta Lewandowska[4], Alicja Rynkiewicz[5]

Dane pochodzące z satelitarnych systemów obserwacji Ziemi odgrywają aktualnie kluczową rolę w monitorowaniu zasobów przyrodniczych, dostarczając systematycznie obiektywnej i wiarygodnej informacji na temat stanu środowiska oraz dynamiki zmian niemal w czasie rzeczywistym. Celem referatu jest zaprezentowanie przykładów zastosowania danych satelitarnych w ochronie środowiska i zarządzaniu zasobami przyrodniczymi: 1) oceny stanu lasów, ze szczególnym uwzględnieniem mapowania gatunków drzew, modelowania zasobności oraz oceny stanu zdrowotnego lasów, 2) analizy intensywności użytkowania terenów trawiastych oraz 3) określania wskaźnika miejskich terenów zielonych zgodnie z Rozporządzeniem w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych. Prezentowane wyniki zostały opracowane na podstawie analizy wieloczasowych danych satelitarnych z europejskich misji Sentinel z zastosowaniem nowoczesnych technik analizy obrazu opartych m.in. na algorytmach uczenia maszynowego. W przypadku klasyfikacji gatunków drzew wykorzystano algorytm Random Forest oraz mozaiki danych optycznych Sentinel-2 zebranych w sezonie wegetacyjnym w połączeniu z danymi topograficznymi pochodzącymi z modelu SRTM DEM. Klasyfikację gatunków drzew wykonano dla 4 gatunków iglastych i 5 liściastych, uzyskując wyniki powyżej 85% dokładności. W przypadku modelowania zasobności sosny zwyczajnej i świerka pospolitego, przeanalizowano połączenie danych satelitarnych, optycznych Sentinel-2, jak i radarowych Sentinel-1, ze zmiennymi meteorologicznymi i środowiskowymi. Analizowano skuteczność różnych algorytmów uczących. W rezultacie modele CatBoost i XGBoost wykorzystujące synergię danych optycznych i radarowych z danymi środowiskowymi pozwoliły na osiągnięcie dokładności powyżej 70%. Analiza intensywności koszenia łąk została przeprowadzona w skali regionalne w oparciu o serię czasową danych Sentinel-2. Zastosowane algorytmy bazują na wartościach spektralnych wskaźników roślinnych (NDVI, EVI) oraz wskaźnika zawartości wody w roślinach (NDII), z wykorzystaniem platformy FORCE oraz Google Earth Engine. Otrzymane wyniki poddano analizie zgodności; jako dane referencyjne wykorzystano niezależny zbiór danych opracowany na podstawie wizualnej interpretacji danych satelitarnych. Ostatni przykład dotyczy zastosowania synergii danych o zasięgu terenów zielonych z krajowej bazy BDOT10K z produktem CLCplus z serwisu lądowego europejskiego programu obserwacji Ziemi – Copernicus, celem opracowania wskaźnika udziału miejskich terenów zielonych według Rozporządzenia w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych. Dostarczanie wiarygodnych informacji o stanie środowiska i zachodzących w nim zmianach stanowi podstawę zrównoważonego zarządzania zasobami przyrodniczymi i podejmowania trafnych i odpowiedzialnych decyzji.

SŁOWA KLUCZOWE | modelowanie, obserwacja Ziemi, teledetekcja, użytkowanie, zasoby przyrodnicze, ekosystemy miejskie

KEYWORDS | AI/ML, Earth Observation, remote sensing, land use, Copernicus, urban ecosystems

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Prace badawcze dotyczące zagadnień leśnych zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu nr: 2021/41/B/ST10/04113.

Prace badawcze związane z wykrywaniem częstotliwości koszenia łąk zostały sfinansowane w ramach projektu LIFE OrgFluX-PL „Opracowanie zaawansowanej wielopoziomowej metody inwentaryzacji strumieni gazów cieplarnianych z gleb organicznych użytkowanych rolniczo" (LIFE24-GIC-PL-LIFE OrgFluX-PL/101212871), który otrzymał dofinansowanie ze środków UE z programu LIFE i ze środków krajowych z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Zastrzeżenie prawne: Projekt finansowany przez Unię Europejską. Wyrażone poglądy i opinie są jednak wyłącznie poglądami i opiniami autora (autorów) i nie muszą odzwierciedlać poglądów Unii Europejskiej ani Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Klimatu, Infrastruktury i Środowiska (CINEA), ani Unia Europejska, ani organ przyznający dotację nie ponoszą za nie odpowiedzialności.

[1] Dr hab. inż. Agata Hościło, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBIZE, Zespół Analiz Przestrzennych, agata.hoscilo@ios.edu.pl
[2] Lic. Oliwier Zając, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, o.zajac5@student.uw.edu.pl
[3] Mgr Milena Cudak, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBIZE, Zespół Analiz Przestrzennych, milena.cudak@kobize.pl
[4] Mgr Aneta Lewandowska, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Analiz Przestrzennych, aneta.lewandowska@kobize.pl
[5] Mgr Alicja Rynkiewicz, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBIZE, Zespół Analiz Przestrzennych, alicja.rynkiewicz@kobize.pl

12

Supporting biodiversity and climate policy through tree cover monitoring with Copernicus Land Monitoring Service products

Laura-Ainhoa Prischl[1], Joanna Balasis-Levinsen[2], Usue Donezar[3]

The Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) is one of the six services of the European Union Space Programme and plays a key role in supporting EU policy reporting related to climate change mitigation, adaptation, and biodiversity conservation. CLMS delivers harmonised, pan European land cover and land use information through a comprehensive portfolio of products. This includes the CORINE Land Cover, the CLC+ Backbone, Vegetated Land Cover Characteristics, and a wide range of bio geophysical products such as vegetation indices, surface temperature, soil moisture, and snow cover.

Together, these products provide consistent and timely evidence to monitor environmental change and assess policy impacts. They are directly relevant for several EU policy frameworks, including the EU Biodiversity Strategy for 2030, the Nature Restoration Regulation, and the Common Agricultural Policy (CAP), and support national level monitoring and reporting obligations.

This presentation showcases how multiple CLMS products can be combined and compared for the same study area, using Warsaw as a demonstrative case. By analysing tree covered and forested areas across different products, we highlight their complementarities, technical specifications, spatial detail, and update frequencies. At the same time, we identify existing gaps and limitations, illustrating both the strengths and challenges of using CLMS products for policy relevant analyses.

KEYWORDS | Copernicus Land Monitoring Services, European Environmental Agency, Environmental Policy, Tree Cover, Sentinel

[1] MSc Laura-Ainhoa Prischl, European Environmetal Agency, laura.prischl@eea.europa.eu
[2] PhD Joanna Balasis Levinsen, European Environmetal Agency, joanna.balasis@eea.europa.eu
[3] MSc Usue Donezar, European Environmetal Agency, usue.donezar@eea.europa.eu

13

Pomiary emisji niezorganizowanej z wykorzystaniem BSP

Fugitive Emission Measurements Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

Jacek Żeliński[1], Jolanta Telenga-Kopyczyńska[2], Rafał Bigda[3]

W artykule przedstawiono opracowaną w ITPE metodykę oceny emisji niezorganizowanej pyłu ze zwałowisk węgla z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych (BSP) oraz przykłady jej zastosowania w warunkach przemysłowych. Podstawowym elementem metodyki było przygotowanie spójnej i powtarzalnej procedury umożliwiającej ilościową ocenę emisji pyłu w warunkach rzeczywistych. Problem emisji niezorganizowanej ze źródeł powierzchniowych stanowi istotne wyzwanie pomiarowe ze względu na brak jednoznacznie określonych punktów emisji, dużą zmienność przestrzenną i czasową zjawiska oraz znaczne wymiary źródła. Czynniki te wymusiły wykorzystanie mobilnej platformy pomiarowej w postaci BSP wyposażonego w miernik stężeń pyłu.

Metodyka opiera się na bilansowaniu strumienia masy zanieczyszczeń w płaszczyźnie pomiarowej zlokalizowanej po zawietrznej stronie źródła emisji. W ramach procedury płaszczyzna pomiarowa dzielona jest na pasy oraz punkty pomiarowe, w których wykonywane są pomiary stężeń pyłu, przy równoczesnej rejestracji parametrów meteorologicznych, w szczególności prędkości i kierunku wiatru. Opracowanie obejmuje zasady wyznaczania geometrii układu pomiarowego, doboru liczby punktów i pasów pomiarowych, uwzględniania tła zanieczyszczeń oraz organizacji nalotów pomiarowych zarówno dla terenów dostępnych, jak i obszarów niedostępnych dla ludzi. Przedstawiono również wymagania dotyczące aparatury pomiarowej oraz analizę czynników wpływających na niepewność wyników.

W pracy omówiono doświadczenia uzyskane podczas realizacji pomiarów na zwałowiskach węgla oraz wykonane dla różnych innych obiektów przemysłowych, obejmujących m.in. ocenę emisji pyłu ze strzępiarki złomu i składowisk materiałów po procesie odzysku oraz pomiary emisji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) z pochodni pieca łukowego. Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość wykorzystania BSP do prowadzenia pomiarów emisji niezorganizowanej zarówno dla pyłów, jak i zanieczyszczeń gazowych. Wykazano również na znaczną przydatność tak uzyskanych danych pomiarowych do analiz rozprzestrzeniania zanieczyszczeń oraz modelowania CFD.

Przeprowadzone analizy wskazują, że zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych umożliwia zwiększenie rozdzielczości przestrzennej pomiarów, prowadzenie badań w obszarach trudno dostępnych oraz ograniczenie czasu realizacji pomiarów terenowych. Opracowana metodyka może stanowić użyteczne narzędzie wspomagające ocenę oddziaływania przemysłowych źródeł emisji niezorganizowanej na środowisko oraz działania związane z ograniczaniem emisji pyłu, w szczególności w odniesieniu do źródeł o znacznych wymiarach.

SŁOWA KLUCZOWE | emisja niezorganizowana, zanieczyszczenia powietrza, emisja przemysłowa, BSP
KEYWORDS | fugitive emissions, air pollution, industrial emissions, unmanned aerial vehicles (UAVs)

[1] Dr inż. Jacek Żeliński, Instytut Technologii Paliw i Energii, jzelinski@itpe.pl
[2] Dr inż. Jolanta Telenga-Kopyczyńska, Instytut Technologii Paliw i Energii, jtelenga@itpe.pl, +48 600 164 741
[3] Dr inż. Rafał Bigda, Instytut Technologii Paliw i Energii, rbigda@itpe.pl

14

Centralna Baza Emisyjna – wysokorozdzielcze emisje dla całej Polski

Central Emissions Database – High-Resolution Emissions for Poland

Karol Szymankiewicz[1], Lech Gawuć[2], Marek Soliwoda[3], Anahita Sattari[4], Agnieszka Bartocha[5], Iwo Augustyński[6], Małgorzata Soliwoda[7], Jadwiga Maciejewska[8], Dorota Kawicka[9]

Jakość powietrza w Polsce, mimo obserwowanej w ostatnich latach poprawy, nadal pozostaje istotnym wyzwaniem środowiskowym i zdrowotnym. Dodatkowo nowa dyrektywa UE dotycząca jakości powietrza (AAQD) stawia przed państwami członkowskimi jeszcze bardziej rygorystyczne wymagania w zakresie monitorowania, oceny oraz planowania działań naprawczych. W odpowiedzi na te potrzeby rozwijana jest Centralna Baza Emisyjna (CBE) – zaawansowane narzędzie wspierające modelowanie jakości powietrza w Polsce, opracowywane przez KOBiZE działające w strukturach IOŚ-PIB w ramach realizacji zadań ustawowych. Początkowo baza stanowiła przede wszystkim źródło danych emisyjnych wykorzystywanych w rocznej ocenie jakości powietrza, jednak obecnie umożliwia również budowę i analizę różnorodnych scenariuszy emisyjnych wspierających procesy decyzyjne oraz planowanie polityk środowiskowych.

Głównym celem CBE jest opracowanie wysokorozdzielczych danych emisyjnych, pozwalających na precyzyjne odwzorowanie przestrzennego rozkładu emisji zanieczyszczeń. CBE integruje dane pochodzące z wielu sektorów gospodarki, obejmujących emisję punktową, sektor bytowo-komunalny, emisje z transportu, rolnictwa oraz źródła naturalne. W zależności od dostępności i jakości danych wykorzystywane są podejścia typu top-down oraz bottom-up, co umożliwia zachowanie równowagi pomiędzy szczegółowością danych a spójnością obliczeń na poziomie krajowym.

Do opracowania CBE wykorzystywane są zaawansowane narzędzia analityczne oraz wysokowydajna infrastruktura obliczeniowa oparta na klastrach, co umożliwia efektywne przetwarzanie dużych zbiorów danych przestrzennych. Kluczowym elementem CBE jest wysoka rozdzielczość przestrzenna danych emisyjnych (siatka 0,005° × 0,005°) oraz integracja danych lokalnych, takich jak informacje o indywidualnych źródłach ogrzewania z Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB) czy dane dotyczące natężenia ruchu drogowego. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie bardziej realistycznego obrazu emisji i identyfikacja obszarów wymagających działań naprawczych.

CBE znajduje zastosowanie nie tylko w modelowaniu jakości powietrza, ale również w opracowywaniu krajowych i regionalnych polityk środowiskowych, w tym Krajowego Programu Ochrony Powietrza, a także w projektach badawczych i współpracy międzynarodowej. Dalsze udoskonalenie CBE obejmuje rozszerzenie zakresu analizowanych substancji, szerszą weryfikację opracowanych danych emisyjnych z pomiarami jakości powietrza, rozwój metodyk oceny efektów redukcji emisji oraz wsparcie wdrażania nowych regulacji europejskich. Celem rozwoju Centralnej Bazy Emisyjnej jest stworzenie kompleksowego i wiarygodnego narzędzia wspierającego zarządzanie jakością powietrza w Polsce oraz przygotowywanie scenariuszy emisyjnych na potrzeby planowania i wdrażania działań naprawczych.

SŁOWA KLUCZOWE | modelowanie emisji, CBE, wysokorozdzielcze emisje, jakość powietrza

KEYWORDS | emissions modelling, Central Emissions Database (CED), high-resolution emissions, air quality

[1] Dr inż. Karol Szymankiewicz, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, karol.szymankiewicz@kobize.pl, +48 22 5696536

[2] Dr inż. Lech Gawuć, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, lech.gawuc@kobize.pl

[3] Mgr Marek Soliwoda, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, marek.soliwoda@kobize.pl, +48 22 5696555

[4] Dr inż. Anahita Sattari, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, anahita.sattari@ios.edu.pl, +48 22 4628165

[5] Mgr inż. Agnieszka Bartocha, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, agnieszka.bartocha@kobize.pl, +48 22 5696574

[6] Dr Iwo Augustyński, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, iwo.augustynski@kobize.pl, +48 22 5696556

[7] Mgr Małgorzata Soliwoda, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, malgorzata.soliwoda@kobize.pl, +48 22 5696585

[8] Mgr inż. Jadwiga Maciejewska, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Bilansowania i Rozkładu Danych Emisyjnych, KOBiZE, jadwiga.maciejewska@kobize.pl

[9] Mgr Dorota Kawicka, Zespół Krajowej Bazy i Raportowania, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBiZE, dorota.kawicka@kobize.pl

15

Restoring natural resources: a regulatory challenge for a sustainable food system – a comparative analysis

Monika A. Król[1]

This research project is linked to the introduction of innovative legal provisions set out in Regulation (EU) 2024/1991 of the European Parliament and of the Council, which came into force on 24 June 2024, on the restoration of natural resources. The regulation introduces an obligation to take measures that lead to the restoration of terrestrial and aquatic ecosystems, habitats, and species populations. The aim is to ensure the long-term recovery of biodiversity and increase nature's resilience to the effects of climate change. This regulation marks a significant milestone in the development of European Union environmental legislation, shifting the focus from nature conservation to active restoration, while integrating climate, environmental, and food security objectives.

The research aims to assess the legal and institutional scope for effectively implementing natural resource restoration instruments, and to determine their significance for developing sustainable and resilient food systems. The analysis will determine the extent to which the new regulations can integrate nature restoration policy with agricultural practices, climate change adaptation, and ensuring food security and sovereignty for states.

The research includes a normative analysis of EU Regulation 2024/1991, particularly regarding the obligations of Member States to restore ecosystems and wetlands by re-watering peatlands, reducing soil degradation and increasing the proportion of organic farming, agroforestry systems, crop rotation and integrated pest management. The research also covers the relationship between nature restoration policy and the Common Agricultural Policy, climate policy, and food security regulations. A key element of the project is a comparative analysis of the implementation of EU legal obligations in selected Member States (Germany, Belgium, Italy and France), contrasted with approaches outside the EU (the USA, Canada, Japan, Morocco and Brazil).

The research findings are expected to demonstrate that restoring natural resources is a vital way of enhancing the resilience of food systems by restoring the ecosystem functions that underpin agricultural production. The expected outcomes are the identification of effective regulatory models and legal and institutional barriers to their implementation, and the formulation of recommendations for the future development of environmental, agricultural and climate law to promote their integration. This research will help develop the concept of nature restoration law as a distinct regulatory area that supports the long-term stability of the global food system.

KEYWORDS | nature restoration, biodiversity, wetland restoration, climate change, sustainable food system

[1] Dr hab. Monika A. Król, prof. UŁ, Wydział Prawa i Administracji Uniwersytetu Łódzkiego, mkrol@wpia.uni.lodz.pl

16

Krajobraz rolniczy jako przestrzeń odbudowy bioróżnorodności – znaczenie ekoschematów i interwencji rolno-środowiskowo-klimatycznych

Agricultural Landscapes as a Key to Biodiversity Recovery: The Role of Eco-Schemes and Agri-Environment-Climate Measures

Eliza Grabowska[1]

Współczesny krajobraz rolniczy stanowi jedną z kluczowych przestrzeni ujawniania się globalnych kryzysów środowiskowych, w tym utraty różnorodności biologicznej, degradacji siedlisk oraz skutków zmiany klimatu. Jednocześnie obszary rolnicze posiadają istotny potencjał w zakresie zachowania i odbudowy funkcji ekologicznych. W ostatnich dekadach obserwowany jest jednak wyraźny spadek liczebności gatunków związanych z krajobrazem otwartym, w szczególności ptaków krajobrazu rolniczego.

W odpowiedzi na te wyzwania coraz większe znaczenie zyskuje integracja celów środowiskowych w ramach Wspólnej Polityki Rolnej. Szczególną rolę odgrywają interwencje rolno-środowiskowo-klimatyczne oraz ekoschematy, które mają na celu wspieranie praktyk rolniczych sprzyjających ochronie zasobów i tworów przyrodniczych oraz funkcjonowaniu ekosystemów.

Celem wystąpienia będzie omówienie znaczenia tych instrumentów w kształtowaniu różnorodności biologicznej na obszarach rolniczych oraz wskazanie mechanizmów, poprzez które mogą one wpływać na poprawę stanu siedlisk i kondycji populacji gatunków związanych z krajobrazem rolniczym. Zakres referatu obejmie analizę oddziaływania wybranych instrumentów środowiskowych na strukturę krajobrazu rolniczego.

W opracowaniu wykorzystane zostaną dane dotyczące zmian wskaźnika Farmland Bird Index (FBI) w latach 2015-2024, a także wskaźników liczebności wybranych gatunków ptaków objętych działaniami rolno-środowiskowo-klimatycznymi. Wstępne wyniki wskazują na utrzymującą się presję na gatunki i siedliska związane z krajobrazem rolniczym pomimo wdrażania instrumentów środowiskowych, co może świadczyć o niewystarczającej skali działań oraz ich rozproszeniu przestrzennym.

W konkluzji zostanie podkreślone, że skuteczność ekoschematów i interwencji rolno-środowiskowo-klimatycznych zależy nie tylko od zakresu wdrażanych praktyk, lecz również od ich koordynacji w skali krajobrazu. Ochrona bioróżnorodności na obszarach rolniczych wymaga bowiem podejścia długoterminowego i przestrzennego, uwzględniającego ciągłość siedlisk, heterogeniczność krajobrazu oraz odbudowę funkcji ekologicznych ekosystemów rolniczych. Skuteczna ochrona bioróżnorodności wymaga nie tylko ustawowej ochrony obszarów cennych przyrodniczo, lecz także stopniowej transformacji krajobrazu produkcyjnego w kierunku struktur sprzyjających zachowaniu i odbudowie kluczowych funkcji ekologicznych.

SŁOWA KLUCZOWE | bioróżnorodność, krajobraz rolniczy, Wspólna Polityka Rolna, interwencje rolno-środowiskowo-klimatyczne, ekoschematy

KEYWORDS | biodiversity, agricultural landscapes, Common Agricultural Policy, agri-environment-climate measures, ecoschemes

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Dotacja celowa przyznana na rok 2025, wynikająca z umów zawartych między Instytutem Technologiczno-Przyrodniczym Państwowym Instytutem Badawczym a Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

PODZIĘKOWANIA

Kierowane do całego Zespołu (w składzie: dr inż. Aleksandra Steinhoff-Wrześniewska, dr Eliza Grabowska, mgr Paulina Dzierża, dr Marek Helis, dr hab. Grzegorz Orłowski, dr Jarosław Dąbrowski, mgr inż. Wojciech Stopa) opracowującego w raporcie oceny ex post PROW 2014-2020 w roku 2025 cel szczegółowy 4A pt. „W jakim stopniu interwencje w ramach PROW wspierają odtwarzanie, ochronę i wzbogacanie różnorodności biologicznej, w tym na obszarach Natura 2000, i obszarach z ograniczeniami naturalnymi lub innymi szczególnymi ograniczeniami, oraz rolnictwo o wysokiej wartości przyrodniczej, a także stan europejskich krajobrazów?”.

[1] Dr Eliza Grabowska, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy PIB, e.grabowska@itp.edu.pl, +48 502691913

17

Śledzenie odporności obszarów suchych: zmienność biogeochemiczna w latach 2020 i 2022 w obszarze wschodniej Australii

Tracking dryland resilience: biogeochemical variability in 2020 and 2022 in eastern Australia

Jerzy Szejgis[1], Yolima Carrillo[2], Thomas C. Jeffries[3], Feike A. Dijkstra[4], Jeff Chieppa[5], Dylan Bristol[6], Premchand Maisnam[7], David Eldridge[8], Uffe N. Nielsen[9]

Susza negatywnie wpływa na rośliny, procesy glebowe oraz obieg węgla (C), azotu (N) i fosforu (P). Ograniczona dostępność wody zmniejsza fotosyntezę i dopływ węgla do gleby, ograniczając aktywność mikroorganizmów. Spada również produkcja enzymów, co spowalnia cykle biogeochemiczne w glebie.

W roku 2020 przeanalizowałem próbki gleby z sześciu stanowisk we wschodniej Australii, gdzie od 2016 roku prowadzono manipulacje opadami (-65% reprezentujące „suszę", naturalne, +65% reprezentujące „zwiększony opad"). Badania wykazały, że aktywność enzymatyczna była niższa na stanowiskach ze zredukowanym opadem, a wyższa na stanowiskach z zwiększonymi opadami. Dostępność N i P była często wyższa w wariancie suszy. Badanie przypadło jednak na silną, trzyletnią suszę, co skutkowało niską biomasą roślin i zawartością C w glebie.

W 2022 roku na wszystkich stanowiskach odnotowano ponadprzeciętne opady, co doprowadziło do szybkiego wzrostu roślinności i prawdopodobnych zmian w aktywności mikroorganizmów. Ponownie pobrałem próbki z tych samych lokalizacji. Głównym celem badania było porównanie stanu biogeochemicznego gleby w 2020 roku i 2022 roku. Ogólnie w 2022 roku zaobserwowano wzrost biomasy i aktywności mikroorganizmów. Stężenia rozpuszczalnego C i N były zazwyczaj niższe lub bez zmian w 2022 roku, natomiast rozpuszczalny P wzrósł tylko w niektórych lokalizacjach. Biomasa mikroorganizmów była ogólnie wyższa w 2022 roku w porównaniu do 2020, szczególnie ma stanowiskach ze zwiększonymi opadami, przy czym największy wzrost odnotowano w Cobar i Nyngan.

Badanie pokazuje, że długotrwała susza ogranicza biomasę mikroorganizmów i dynamikę składników odżywczych. Wzrost opadów w 2022 zwiększył ich aktywność, co odzwierciedla efekt „pulsu wodnego", kiedy mikroorganizmy szybko wykorzystują dostępność wody. Może to jednakże prowadzić do „decoupling" obiegu składników, gdzie mikroorganizmy szybko zużywają istniejące zasoby składników odżywczych w glebie bez uzupełniania nowymi. Wyniki te pomagają lepiej zrozumieć reakcje gleb suchych na zmienność klimatu oraz ich zdolność do regeneracji po suszy.

SŁOWA KLUCZOWE | susza, gleba, składniki odżywcze, Australia, mikroorganizmy
KEYWORDS | drought, soil, nutrients, Australia, microorganisms

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA
Projekt był finansowany przez Australian Research Council (DP150104199; DP190101968).

1 Dr. Jerzy Szejgis, Katedra Hydrologii, Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa, Polska; Hawkesbury Institute of Environment, Western Sydney University, Australia; jerzy_szejgis@sggw.edu.pl
2 Assoc. Prof. Yolima Carrillo, Hawkesbury Institute of Environment, Western Sydney University, Australia
3 Dr. Thomas C. Jeffries, Hawkesbury Institute of Environment, Western Sydney University, Australia
4 Prof. Feike A. Dijkstra, Sydney Institute of Agriculture, School of Life and Environmental Sciences, The University of Sydney, Camden, NSW, Australia
5 Prof. Jeff Chieppa, Hawkesbury Institute of Environment, Western Sydney University, Australia
6 Dr. Dylan Bristol, Hawkesbury Institute of Environment, Western Sydney University, Australia
7 Dr. Premchand Maisnam, W.K. Kellogg Biological Station, Michigan State University, Hickory Corners, MI, USA; Hawkesbury Institute of Environment, Western Sydney University, Australia
8 Prof. David Eldridge, Centre for Ecosystem Science, School of Biological, Earth and Environmental Sciences, University of New South Wales, Sydney, Australia
9 Assoc. Prof. Uffe N. Nielsen, Hawkesbury Institute of Environment, Western Sydney University, Australia; Global Centre for Land Based Innovation, Western Sydney University, Penrith, NSW, Australia

18

Zmienność genetyczna jako gwarant trwałości lasów: wnioski z rodowo-proweniencyjnych powierzchni badawczych dębu w Oleszycach dla strategii ochrony zasobów genowych

Genetic variability as a guarantee of forest sustainability: conclusions from the oak family-provenance research plots in Oleszyce for gene resource conservation strategies

Magdalena Trojankiewicz[1]

Głównym celem badań jest wieloaspektowa ocena poziomu zmienności genetycznej oraz struktury populacyjnej dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) na powierzchni rodowo-proweniencyjnej w Nadleśnictwie Oleszyce, w celu określenia potencjału adaptacyjnego badanych populacji oraz sformułowania rekomendacji dla strategii ochrony leśnych zasobów genowych w obliczu postępujących zmian klimatycznych.

W dobie postępujących zmian klimatycznych zachowanie plastyczności adaptacyjnej ekosystemów leśnych staje się priorytetem krajowej polityki ochrony środowiska. Kluczowym narzędziem w tym procesie są długofalowe doświadczenia proweniencyjne, stanowiące „żywe repozytoria" informacji o odporności drzew i ich potencjale ewolucyjnym. Niniejsze opracowanie prezentuje syntezę wyników badań zmienności genetycznej dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) prowadzonych na powierzchni rodowo-proweniencyjnej w Nadleśnictwie Oleszyce, w kontekście kilku dekad doświadczeń w monitoringu zasobów genowych polskich lasów.

Powierzchnia w Oleszycach została założona w celu oceny zmienności genetycznej, tempa wzrostu oraz jakości hodowlanej różnych populacji dębu. Badania objęły sześć krajowych proweniencji (Krotoszyn, Milicz, Młynary I, Młynary II, Opole i Sieniawa). Z wykorzystaniem 16 jądrowych markerów mikrosatelitarnych (SSR) przeanalizowano genotypy 1812 drzew. Wyniki wskazują na niezwykle wysoki poziom wewnątrzpopulacyjnej różnorodności genetycznej – średnia heterozygotyczność oczekiwana wyniosła 0,847, a bogactwo alleli osiągnęło poziom 23,5. Są to wartości przewyższające parametry notowane w standardowych drzewostanach gospodarczych. Analiza struktury genetycznej wykazała niski poziom zróżnicowania między proweniencjami, co potwierdza wysoką jakość genetyczną zgromadzonego materiału. Jednocześnie stwierdzono istotne zróżnicowanie alleli, sugerujące, że każda z badanych populacji wnosi unikalne warianty genowe do wspólnej puli. Wysoka różnorodność genetyczna bezpośrednio koreluje ze zdolnością drzew do regeneracji po ekstremalnych zjawiskach pogodowych i stabilnością wzrostu w zmiennych warunkach siedliskowych.

Wnioski z badań i szczegółowych analiz w Oleszycach dostarczają merytorycznych podstaw do optymalizacji krajowej strategii ochrony leśnych zasobów genowych. Wskazują one na celowość wykorzystywania rodowych powierzchni badawczych jako elitarnych źródeł nasion, co pozwoli na budowanie przyszłościowych, stabilnych drzewostanów o zwiększonym potencjale adaptacyjnym. Retrospektywne badania genetyczne okazują się tym samym nieodzownym elementem prognozowania bezpieczeństwa ekologicznego lasów w obliczu niepewności klimatycznej.

SŁOWA KLUCZOWE | *Quercus robur*, zmienność genetyczna, zasoby genowe, zmiany klimatu, doświadczenia proweniencyjne, Oleszyce

KEYWORDS | Quercus robur, genetic variability, gene resources, climate change, provenance trials, Oleszyce

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

„Możliwości wykorzystania markerów molekularnych DNA do weryfikacji parametrów genetycznych doświadczeń rodowych na przykładzie doświadczenia rodowego Quercus robur". Projekt zespołowy: grant MNiSW (N N309 320136; 2009-2012).

[1] Dr Magdalena Trojankiewicz, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, trojankiewicz@ukw.edu.edu.pl, +48 509432209

19

Optymalne projektowanie kontraktów rolno-środowiskowych służących ograniczeniu emisji metanu z produkcji mlecznej w Polsce

Optimal design of agri-environmental contracts to reduce methane emissions from dairy production in Poland

Adam Wąs[1], Paweł Kobus[2], Edward Majewski[3], Davide Viaggi[4], Grzegorz Rawa[5]

Emisje metanu z produkcji mlecznej stanowią ważną część emisji gazów cieplarnianych pochodzących z rolnictwa i są istotnym wyzwaniem dla polityki klimatycznej Unii Europejskiej oraz Wspólnej Polityki Rolnej. Celem badania była ocena akceptacji producentów mleka wobec alternatywnych działań ograniczających emisję metanu oraz określenie kosztowo efektywnego sposobu projektowania kontraktów rolno-środowiskowych z perspektywy budżetu publicznego. Szczególną uwagę poświęcono porównaniu kontraktów opartych na wynikach, w których płatność zależy od osiągniętej redukcji emisji, z kontraktami opartymi na działaniach, premiującymi realizację z góry określonych praktyk.

Zakres badania obejmował trzy potencjalne działania ograniczające emisje metanu w gospodarstwach mlecznych: suplementację żywieniową, szczepienia przeciwko bakteriom metanogennym oraz biofiltrację. Wykorzystano eksperyment wyboru dyskretnego (DCE) przeprowadzony wśród 302 gospodarstw mlecznych z czterech regionów Polski należących do najważniejszych obszarów produkcji mleka w kraju. Na podstawie odpowiedzi rolników oszacowano prawdopodobieństwa uczestnictwa w poszczególnych wariantach kontraktów, różniących się typem działania, sposobem płatności, długością zobowiązania oraz poziomem dopłat. Następnie uzyskane prawdopodobieństwa włączono do modelu optymalizacyjnego minimalizującego publiczne koszty osiągania kolejnych poziomów redukcji emisji metanu, przy zachowaniu ograniczeń wynikających z rzeczywistej skłonności rolników do udziału.

Wyniki wskazują, że rolnicy istotnie chętniej akceptują kontrakty oparte na wynikach niż kontrakty oparte na nakładach. Wyraźny opór odnotowano wobec rozwiązań opartych na szczepieniach, natomiast biofiltracja charakteryzowała się relatywnie wysoką akceptacją oraz dużym znaczeniem w portfelach działań minimalizujących koszty. Poziom płatności oraz postrzeganie wpływu metanu na środowisko zwiększały prawdopodobieństwo uczestnictwa, podczas gdy lepsza sytuacja finansowa gospodarstwa i większa liczba pracowników obniżały skłonność do udziału. Model optymalizacyjny pokazał, że przy niższych celach redukcyjnych oba typy kontraktów mogą osiągać zbliżone efekty kosztowe, natomiast przy ambitniejszych celach przewagę uzyskują kontrakty oparte na wynikach, głównie dzięki wyższemu poziomowi akceptacji i większej skalowalności.

Badanie potwierdza, że skuteczne projektowanie instrumentów ograniczania emisji metanu w sektorze mlecznym wymaga łączenia kryteriów efektywności środowiskowej, kosztów publicznych oraz akceptowalności proponowanych rozwiązań przez rolników. Wyniki wskazują, że preferencje rolników powinny być traktowane jako kluczowy element projektowania polityki, a nie jako czynnik zewnętrzny wobec założeń technicznych. Kontrakty oparte na wynikach mogą zwiększać potencjał redukcji emisji, jednak ich wdrażanie powinno uwzględniać kwestie dostępności dla mniejszych gospodarstw, koszty monitoringu oraz potrzebę budowania zaufania do nowych technologii redukcyjnych.

SŁOWA KLUCZOWE | emisje metanu, produkcja mleka, kontrakty rolno-środowiskowe, eksperyment wyboru dyskretnego, optymalizacja polityki, kontrakty oparte na wynikach

KEYWORDS | methane emissions, milk production, agri-environmental contracts, discrete choice experiment, policy optimisation, performance-based contracts

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Badanie wykonano w ramach projektu CONSOLE – CONtract SOLutions for Effective and lasting delivery of agri-environmental-climate public goods by EU agriculture and forestry, finansowanego ze środków programu Unii Europejskiej Horyzont 2020, grant agreement no. 817949.

[1] Dr hab. Adam Wąs, prof. SSGW, Instytut Ekonomii i Finansów, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, adam_was@sggw.edu.pl
[2] Dr hab. inż. Paweł Kobus, Instytut Ekonomii i Finansów, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, pawel_kobus@sggw.edu.pl
[3] Prof. dr hab. Edward Majewski, Instytut Ekonomii i Finansów, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, edward_majewski@sggw.edu.pl
[4] Prof. Davide Viaggi, Department of Agricultural and Food Sciences, University of Bologna, Włochy, davide.viaggi@unibo.it
[5] Mgr Grzegorz Rawa, Instytut Ekonomii i Finansów, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, grzegorz_rawa@sggw.edu.pl

20

Obowiązek naprawienia szkody klimatycznej w prawie międzynarodowym

The duty to make reparation for climate change damage in international law

Cezary Mik[1]

Celem opracowania jest analiza obowiązku, a w zasadzie zobowiązania, dotyczącego naprawienia szkody klimatycznej w prawie międzynarodowym. Problematyka ta zostanie usytuowana zwłaszcza w kontekście opinii doradczej wydanej przez Międzynarodowy Trybunał Sprawiedliwości w 2025 r., dotyczącej zobowiązań państw w sferze zmiany klimatu. Przedmiotem rozważań będzie zatem krótka charakterystyka zobowiązań państw w dziedzinie zmiany klimatu i ich specyfika w kontekście klasycznych zobowiązań międzynarodowych (jako zobowiązań pierwszego rzędu, zobowiązań erga omnes), a także ustalenia korespondujących z nimi zobowiązań związanych z odpowiedzialnością państwa za ich naruszenie (ustalenie związku z zobowiązaniami naprawczymi jako zobowiązaniami drugiego rzędu), w tym określenie progu naruszenia zobowiązań klimatycznych, sformułowanie pojęcia szkody klimatycznej, ustalenie przesłanek obowiązku naprawczego (naruszenie, szkoda i związek przyczynowy między nimi), stron zobowiązania naprawczego, jego przedmiotu, form naprawienia szkody klimatycznej oraz możliwości egzekwowania obowiązku jej naprawienia.

Przedmiotem szczególnego zainteresowania będzie problem wpływu specyfiki zobowiązań klimatycznych na powstanie, wykonywanie i egzekwowanie zobowiązania naprawczego. W tym względzie poruszony będzie problem wspólnych, lecz zróżnicowanych zobowiązań państw w dziedzinie zmiany klimatu, szczególny charakter i złożoność szkody klimatycznej, rola związku przyczynowego jako przesłanki odpowiedzialności, znaczenie powstania szkody przed powstaniem zobowiązań klimatycznych dla zobowiązania naprawczego, zagadnienie wspólnej, lecz zróżnicowanej odpowiedzialności za szkody klimatycznej oraz przyczynienia się do powstania szkody. Podjęte zostanie także zagadnienie dochodzenia roszczeń naprawczych (kto od kogo może żądać naprawienia szkody, w jakim trybie) i realność uzyskania kompensaty.

SŁOWA KLUCZOWE | zobowiązania klimatyczne i ich naruszenie, szkoda klimatyczna, zobowiązanie w zakresie naprawienia szkody klimatycznej, przesłanki obowiązku naprawczego, formy naprawienia szkody klimatycznej, egzekwowanie obowiązku naprawienia szkody klimatycznej

KEYWORDS | climate obligations and breaches thereof, climate damage, the duty to remedy climate damage, the grounds for the duty to remedy, forms of remedy for climate damage, enforcement of the duty to remedy climate damage

[1] Prof. dr hab. Cezary Mik, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

21

Climate Induced Sea-Level Rise, Statehood, and the Challenge to the International Legal Order

Agnes Rydberg[1]

The past four decades have witnessed a profound transformation in environmental law, from fragmented national regimes to a sophisticated architecture of international obligations and institutions. Yet, climate change – the defining environmental challenge of our time – now confronts the international legal order with a threat unlike any it has previously faced.

This paper examines one of the most consequential legal consequences of climate change: the implications of sea-level rise for Statehood under international law. It focuses on the traditional legal definition of Statehood, under which a defined territory is a foundational condition for the existence of a State – a condition that climate change now places in direct jeopardy. It asks whether the existing legal order is equipped to maintain the continuity of States whose physical territory is being lost to climate-driven rising seas, and what reforms are necessary to render the concept of Statehood future-proof in the face of accelerating climate impacts.

It situates these questions within two landmark legal and policy developments: the Advisory Opinion of the International Court of Justice on Climate Change Obligations of States, and the work of the International Law Commission on sea-level rise in relation to international law. It argues that existing legal frameworks are ill-equipped to address the progressive and potentially total submersion of State territory driven by climate change. The territorial criterion of Statehood emerges as a critical vulnerability capable of triggering cascading disruptions across the global legal order, from the extinction of sovereign rights to the Statelessness of entire populations. Climate change, in this sense, is not merely an environmental crisis but a systemic legal one.

A systemic shift in legal thinking is both necessary and urgent. Just as climate change has forced the reinvention of environmental law over the past four decades, it now demands a fundamental reimagining of Statehood itself. The trajectory of environmental protection in the decades to come will be defined not only by emissions targets and biodiversity commitments, but by the law's capacity to respond to the existential consequences of the damage already done. Ensuring the survival of States threatened by climate change is among the most pressing challenges facing environmental and international law globally, and one that will test the ambition and imagination of lawmakers, judges, and policymakers in Europe and beyond for generations to come.

KEYWORDS | climate change, sea-level rise, Statehood, equity, de-territorialisation

[1] Dr Agnes Rydberg, University of Sheffield, av.v.rydberg@sheffield.ac.uk, +44 7523796825

22

Geologiczne uwarunkowania odporności polskiego wybrzeża na zmiany klimatu

Geological determinants of the resilience of the Polish coast to climate change

Grzegorz Uścinowicz[1]

Polska strefa brzegowa Morza Bałtyckiego stanowi obszar szczególny w kontekście zmian klimatu, zwłaszcza w odniesieniu do wzrostu poziomu morza, intensyfikacji zjawisk sztormowych oraz potencjalnej zmiany reżimu hydro- i litodynamicznego. Kluczowe znaczenie dla oceny odporności wybrzeża mają jego uwarunkowania geologiczne, determinujące przebieg procesów erozyjno-akumulacyjnych.

Badania prowadzone przez państwową służbę geologiczną dostarczają spójnego obrazu budowy geologicznej i funkcjonowania strefy brzegowej. Integracja danych geologicznych, geofizycznych i modelowych umożliwia nie tylko rekonstrukcję procesów zachodzących w przeszłości i aktualnej sytuacji, ale przede wszystkim prognozowanie zmian linii brzegowej oraz identyfikację obszarów zagrożonych. Zgromadzone wyniki umożliwiają identyfikację kluczowych czynników geologicznych warunkujących odporność poszczególnych odcinków wybrzeża, takich jak litologia osadów powierzchniowych, budowa ich podłoża, zróżnicowanie morfologii dna morskiego oraz dynamika transportu osadów. Szczególną uwagę zwrócono na przestrzenne zróżnicowanie podatności na erozję oraz występowanie obszarów o podwyższonym ryzyku geozagrożeń.

Uzyskane rozpoznanie ma bezpośredni wymiar aplikacyjny. Dane geologiczne powinny stanowić podstawę planowania działań adaptacyjnych i zarządzania przestrzennego. Ich pomijanie prowadzi do niedoszacowania ryzyka i nieefektywnych posunięć.

Efektywna adaptacja wymaga przejścia od podejścia sektorowego do zintegrowanego, łączącego geologię, inżynierię środowiska i planowanie przestrzenne. Kluczowym wyzwaniem pozostaje włączenie danych geologicznych do procesów decyzyjnych oraz polityki klimatycznej. Bariery wdrożeniowe, takie jak koszty inwestycji, ograniczenia prawne czy niedobory danych, mogą być ograniczane poprzez rozwój narzędzi geoprzestrzennych oraz współpracę między nauką, administracją i interesariuszami.

W obliczu dynamicznych zmian środowiskowych integracja badań geologicznych z planowaniem przestrzennym i inżynierią środowiska staje się fundamentem skutecznej adaptacji oraz długofalowej ochrony wybrzeża, jego ekosystemów i społeczności, a działania te są rozwijane i wspierane przez Państwowy Instytut Geologiczny – PIB.

SŁOWA KLUCZOWE | strefa brzegowa, Morze Bałtyckie, geozagrożenia
KEYWORDS | coastal zone, Baltic Sea, geohazards

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Zadanie badawcze państwowej służby geologicznej realizowane jest na podstawie umowy o dofinansowanie w formie dotacji zawartej pomiędzy Państwowym Instytutem Geologicznym – Państwowym Instytutem Badawczym i Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

[1] Dr hab. Grzegorz Uścinowicz, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, Gdańsk, grzegorz.uscinowicz@pgi.gov.pl

23

Rozwój Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej w Polsce w kontekście rosnącego ryzyka klimatycznego

Advancement of the Agricultural Drought Monitoring System in Poland under Increasing Climate Risk

Katarzyna Żyłowska[1], Jerzy Kozyra[2], Małgorzata Kozak[3], Piotr Koza[4]

System Monitoringu Suszy Rolniczej (SMSR) w Polsce odgrywa kluczową rolę w zarządzaniu ryzykiem klimatycznym w rolnictwie, stanowiąc podstawę funkcjonowania mechanizmów wsparcia finansowego dla producentów rolnych. Wyniki analiz SMSR wykorzystywane są m.in. w obsłudze Aplikacji Suszowej do oceny starty dochodu w gospodarstwie w wyniku warunków suszy oraz wspierają sektor ubezpieczeń rolnych poprzez dostarczanie informacji o obszarach zagrożonych suszą dla poszczególnych upraw na poziomie gminy, zgodnie z obowiązującą definicją suszy rolniczej uwzględniającą warunki meteorologiczne i glebowe.

Celem pracy była ocena występowania suszy rolniczej dla uprawy kukurydzy w Polsce na podstawie analiz SMSR. Przeanalizowano przestrzenny zasięg zagrożenia suszą rolniczą dla kukurydzy w latach 2015–2025 oraz porównano wyniki z rozmieszczeniem upraw kukurydzy na podstawie danych Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR). Według danych ARiMR w 2024 r. kukurydza była uprawiana na powierzchni 1 825 016 ha, z czego na 706 825 ha uprawiana była kukurydza na ziarno. Jednocześnie SMSR wyznaczył potencjalny obszar zagrożenia suszą dla kukurydzy na ziarno na powierzchni 3 529 983 ha.

Porównanie przestrzennego zasięgu zagrożenia suszą wyznaczonego przez SMSR z rzeczywistą strukturą zasiewów wykazało, że powierzchnia upraw kukurydzy potencjalnie zagrożonych suszą rolniczą wyniosła 258 035 ha, co odpowiadało około 37% powierzchni kukurydzy uprawianej na ziarno. Oznacza to, że około 63% zasiewów kukurydzy na ziarno nie było zagrożonych suszą rolniczą w 2024 r. Wyniki wskazują, że uwzględnienie rzeczywistej struktury zasiewów pozwala na bardziej precyzyjną ocenę ryzyka suszy rolniczej oraz potencjalnych strat w produkcji roślinnej.

Integracja danych SMSR z informacjami o strukturze upraw może stanowić cenne źródło wiedzy dla administracji publicznej, sektora ubezpieczeniowego oraz samych rolników. Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie dla szacowania ryzyka suszy, opracowywania strategii adaptacji do zmian klimatu oraz kształtowania przyszłych założeń Wspólnej Polityki Rolnej. Istotnym kierunkiem rozwoju Systemu jest także wykorzystanie danych teledetekcyjnych oraz bezpośrednich obserwacji stanu upraw. Działania te są niezbędne dla zwiększenia precyzji oceny strat w rolnictwie, usprawnienia procesów decyzyjnych oraz wspierania zrównoważonej produkcji rolnej w warunkach rosnącej zmienności klimatu.

SŁOWA KLUCZOWE | susza rolnicza, zmiana klimatu, kukurydza
KEYWORDS | agricultural drought, climate change, maize

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Praca wykonana w ramach realizacji zadania System Monitoringu Suszy Rolniczej, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

[1] Dr Katarzyna Żyłowska, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, kzylowska@iung.pulawy.pl, 81 478 67 68
[2] Dr hab. Jerzy Kozyra, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, kozyr@iung.pulawy.pl, 81 478 67 64
[3] Dr Małgorzata Kozak, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, mkozak@iung.pulawy.pl, 81 478 67 69
[4] Mgr Piotr Koza, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, pkoza@iung.pulawy.pl, 81 478 67 77

24

Podatność klimatyczna wód podziemnych na obszarze Polski

Groundwater vulnerability to climate change of Poland

Małgorzata Woźnicka[1], Agnieszka Kowalczyk[2]

Dostęp do zasobów wodnych w odpowiedniej ilości i jakości stanowi podstawową potrzebę każdego państwa, przede wszystkim w zakresie dostarczenia wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, ale także warunkuje rozwój gospodarczy. W tym kontekście niezbędne jest prowadzenie analiz i prognoz zmian dostępności zasobów wodnych w przyszłości wraz z analizą ryzyka klimatycznego, co umożliwia podejmowanie adekwatnych i efektywnych działań przeciwdziałających zmianom, minimalizujących ich negatywne skutki lub adaptacyjnych.

Podatność na zmiany klimatyczne odnosi się do sposobu i stopnia reagowania systemu lub eksponowanego elementu, w tym wód podziemnych, na zagrożenie. Jest ona warunkowana przez czynnikami decydującymi o stopniu, w jakim dany element podlega wpływowi związanemu z zagrożeniem klimatycznym (wrażliwość) oraz o zasobach, które mogą być wykorzystane do złagodzenia tego wpływu (potencjał adaptacyjny). Prognozowanie zmian dostępnych do zagospodarowania zasobów wodnych w aspekcie zmian klimatycznych uwzględnia przede wszystkim prognozowaną dynamikę i zakres zmienności czynników meteorologicznych warunkujących kształtowanie zasobów wodnych, ale także zmienność warunków infiltracji.

Wody podziemne, stanowiące najbardziej stabilny element systemu obiegu wody, charakteryzują się znacznie większą odpornością na okresową zmienność czynników klimatycznych niż wody powierzchniowe, ale też wychwycenie tendencji zmian wymaga dłuższych okresów analizy i uwzględnienia większej liczby czynników warunkujących kształtowanie zasobów wód podziemnych. Zmienność retencji wód podziemnych, wymiarowana jako wartość zasobów zmiennych, stanowi jeden ze wskaźników oceny podatności na zmiany klimatyczne.

Zasoby zmienne wód podziemnych definiuje się jako część zasobów statycznych lub dynamicznych między najniższym a najwyższym w wieloleciu stanem zwierciadła wód podziemnych. Na podstawie wyników pomiarów położenia zwierciadła wód podziemnych, prowadzonych w latach 1985-2024 w punktach sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych określono wskaźnik zmian retencji wód podziemnych. Analizowane punkty badawcze, ujmujące warstwy wodonośne o zwierciadle swobodnym, zlokalizowane były w trzech regionach hydrogeologicznych na obszarze Polski: wyżynnym, równinnym i pojeziernym. Przeprowadzona analiza skupień wykazała wysoką synchroniczność wahań zwierciadła wód podziemnych w rejonie pojeziernym oraz wyżynnym. Minimalne wartości wskaźnika retencji stwierdzono w roku 1992 w rejonie równinnym, w latach 2004-2006 we wszystkich rejonach, a także w 2020 roku w rejonie wyżynnym.

Przeprowadzono analizę zmienności retencji wód podziemnych w ostatniej dekadzie (lata 2014-2025) na tle całego okresu obserwacji (lata 1984-2025). Widoczna jest tendencja do przesuwania się, w większości z analizowanych punktów okresów największej wartości wskaźnika retencji z miesięcy późniejszych na wcześniejsze w roku hydrologicznym. Podobny trend jest obserwowany w miesiącach najmniejszej retencji.

SŁOWA KLUCZOWE | wody podziemne, zasoby zmienne wód podziemnych, podatność klimatyczna
KEYWORDS | groundwater, variable groundwater resources, climatic vulnerability

[1] Dr Małgorzata Woźnicka, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, malgorzata.woznicka@pgi.gov.pl, +48 22 45 92 357, +48 607 70 18 17
[2] Mgr Agnieszka Kowalczyk, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, agnieszka.kowalczyk@pgi.gov.pl, +48 22 45 92 275

25

Ile kosztują Polskę ekstremalne zjawiska pogodowe? Znaczenie oceny strat w adaptacji do zmian klimatu

How much do extreme weather events cost Poland? The role of damage and loss assessment in climate change adaptation

Ewelina Siwiec[1], Klaudia Chruściel[2], Michał Marcinkowski[3]

Ekstremalne zjawiska pogodowe powodują w Polsce wymierne straty finansowe. Powodzie, susze, intensywne opady, silny wiatr, fale upałów czy przymrozki wiosenne oddziałują na rolnictwo, infrastrukturę komunalną, bezpieczeństwo ludzi oraz funkcjonowanie gospodarki. Analiza wartości strat finansowych jest istotna, ponieważ pozwala uchwycić ekonomiczny wymiar skutków tych zdarzeń oraz wskazać obszary i sektory, w których konsekwencje zagrożeń pogodowych i klimatycznych są szczególnie dotkliwe.

Celem referatu jest przedstawienie znaczenia systematycznej oceny strat powodowanych przez zjawiska ekstremalne dla planowania adaptacji do zmian klimatu w Polsce. Podstawę referatu stanowi publikacja „Atlas skutków zjawisk ekstremalnych w Polsce", przygotowana w ramach projektu Klimada 2.0. Badania ujęte w Atlasie obejmują lata 2001–2019 i koncentrują się na najbardziej dotkliwych zjawiskach ekstremalnych występujących w kraju. Dane dotyczące strat w Polsce pozyskano z kilkudziesięciu instytucji administracji centralnej i samorządowej, a następnie uporządkowano w ujęciu sektorowym i przestrzennym.

Wyniki pokazują, że w latach 2001-2019 bezpośrednie straty powodowane przez zjawiska ekstremalne wyniosły w Polsce około 115 mld zł. Oznacza to średnio kilka miliardów złotych rocznie, choć wartości te silnie zależą od wystąpienia pojedynczych, szczególnie dotkliwych zdarzeń. Największe obciążenia finansowe odnotowano w rolnictwie oraz w infrastrukturze należącej do jednostek samorządu terytorialnego. Jednocześnie wyniki wskazują na wyraźne zróżnicowanie przestrzenne skutków. Dlatego ocena strat nie powinna sprowadzać się do jednej wartości krajowej, lecz uwzględniać regionalny profil ryzyka oraz specyfikę sektorów szczególnie narażonych na skutki zagrożeń pogodowych i klimatycznych. W referacie przedstawione zostaną także wstępne wyniki oceny strat dla lat 2020-2025, gromadzone w ramach projektu Klimada 3.0. Pozwolą one odnieść wcześniejsze ustalenia do nowszego okresu oraz ocenić, czy zmienia się skala i struktura strat.

Dane o stratach mogą być wykorzystywane do oceny skutków zdarzeń ekstremalnych, określania potrzeb adaptacyjnych oraz szacowania kosztów bezczynności. Pomagają wskazać obszary i sektory, w których brak działań może prowadzić do największych strat, a także lepiej uzasadniać priorytety inwestycyjne i kierunki interwencji publicznej. Spójny system gromadzenia takich danych wzmacnia planowanie adaptacji, ułatwia ocenę skuteczności podejmowanych działań i pozwala powiązać je z rzeczywistymi kosztami ponoszonymi przez państwo, samorządy, gospodarkę i mieszkańców. Wiarygodna ocena strat jest jednym z narzędzi wspierających planowanie adaptacji do zmian klimatu.

SŁOWA KLUCZOWE | zjawiska ekstremalne, szkody, straty, zmiany klimatu, adaptacja
KEYWORDS | extreme events, damage, losses, climate change, adaptation

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA
Dofinansowano ze środków Unii Europejskiej z programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko.

[1] Dr inż. Ewelina Siwiec, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, ewelina.siwiec@ios.edu.pl
[2] Mgr inż. Klaudia Chruściel, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, klaudia.chrusciel@ios.edu.pl
[3] Mgr Michał Marcinkowski, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, michal.marcinkowski@ios.edu.pl

26

Miejski plan adaptacji jako narzędzie sprawiedliwej adaptacji do zmiany klimatu

Municipal adaptation plan as a tool for equitable adaptation to climate change

Eliza Kalbarczyk[1], Robert Kalbarczyk[2]

Niewłaściwie zaplanowane działania adaptacyjne do zmiany klimatu mogą pogłębiać istniejące nierówności, a nawet prowadzić do nowych, czego przykładem jest gentryfikacja klimatyczna. Aby osiągnąć odporność w sposób sprawiedliwy i uczciwy, niezbędne jest równomierne rozdzielenie korzyści płynących z adaptacji do zmiany klimatu. Dużą rolę w procesie „rozdzielania korzyści" odgrywa społeczeństwo angażujące się w działania adaptacyjne zarówno na etapie ich planowania, jak i wdrażania. O ile partycypacja społeczna może wspierać osiągnięcie sprawiedliwej adaptacji, o tyle udział grup wrażliwych na zmianę klimatu w adaptacji może być jednym ze wskaźników opisujących stopień jej osiągnięcia. Badania przeprowadzone w 2025 r. oparte na analizie zawartości miejskich planów adaptacji 96 miast w Polsce wykazały, że grupy wrażliwe były w nich uwzględniane powszechnie. Jednak działania skierowane do grup wrażliwych stanowiły tylko ok. 12% ogólnej liczby działań adaptacyjnych. Najczęściej działania planowano dla dzieci, seniorów i osób chorych, w tym osób z niepełnosprawnościami, a następnie osób bezdomnych i ubogich. Dla grup wrażliwych najczęściej planowano działania typu: infrastruktura fizyczna, budowanie zdolności i infrastruktura zielona. Szczególnie w przypadku działań z zakresu infrastruktury zielonej pojawiają się publikacje naukowe wskazujące na zbieżność lokalizacji tego typu inwestycji z obszarami najzamożniejszych dzielnic miejskich. Powyższe doniesienia stały się inspiracją do badań, których celem było określenie zróżnicowania przestrzennego inwestycji z zakresu infrastruktury zielonej realizowanych przez miasto Poznań w latach 2020-2023. W kolejnym etapie planowane jest rozszerzenie badań o analizy ekonomiczne. W badaniach wykorzystano: „Raport z wdrażania Planu Adaptacji do Zmian Klimatu dla Miasta Poznania (MPA) w okresie 2019-2021 (2021)" oraz „II Raport z wdrażania Planu adaptacji do zmian klimatu Miasta Poznania do roku 2030 (MPA) w okresie styczeń 2022 – marzec 2023". W raportach uwzględnione zostały działania adaptacyjne na różnym etapie realizacji, tj. zainicjowane, zaplanowane, realizowane i zrealizowane. W analizowanym okresie odnotowano po 31 lokalizacji działań z zakresu zielonej infrastruktury w latach 2019 i 2020, 103 lokalizacje w roku 2021, 71 lokalizacji w roku 2022 oraz 18 lokalizacji w pierwszych trzech miesiącach 2023 r. (łącznie 254). Analiza ich rozmieszczenia na terenie Poznania wykazała, że najwięcej inwestycji zostało zlokalizowanych w dwóch dzielnicach: Wildzie (20%) i Grunwaldzie (19%). Na kolejne cztery dzielnice: Łazarz, Jeżyce, Stare Miasto i Nowe Miasto przypadło odpowiednio: 15%, 14%, 14% i 12% inwestycji. Porównanie rozmieszczenia działań adaptacyjnych z zakresu zielonej infrastruktury z „Rankingiem najbardziej i najmniej zielonych dzielnic Poznania" (2020) wskazuje na dobre dopasowanie lokalizacji „zielonych" inwestycji do obszarów występowania największych deficytów zieleni w mieście.

SŁOWA KLUCZOWE | adaptacja do zmiany klimatu, lokalizacja działań, Poznań, zielona infrastruktura
KEYWORDS | climate change adaptation, location of activities, Poznań, green infrastructure

[1] Dr hab. Eliza Kalbarczyk, prof. UAM, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej, ekalb@amu.edu.pl, +48 61 829 6309
[2] Dr hab. inż. Robert Kalbarczyk, prof. UPWr, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu, robert.kalbarczyk@upwr.edu.pl, +48 71 320 1858

27

Między państwem a rynkiem: dlaczego commons, choć problematyczne, są kluczowym ogniwem lokalnej polityki klimatycznej?

Beyond state and market: Why commons matter for local climate policy despite their conceptual ambiguity?

Agnieszka Sobol[1]

Proponowany artykuł podejmuje problem niejednoznaczności pojęcia *commons* w polskim i międzynarodowym dyskursie naukowym oraz jego konsekwencji dla polityki publicznej. Punktem wyjścia jest obserwacja, że redukowanie *commons* w polskim tłumaczeniu do kategorii „dobra wspólnego" zaciera ich instytucjonalny i relacyjny charakter, rozwijany w literaturze od prac Elinor Ostrom. Dodatkowo, dominująca interpretacja zapoczątkowana przez Garretta Hardina utrwaliła utożsamianie *commons* z reżimem otwartego dostępu i problemem „tragedii".

Badania Ostrom pokazują, że zamiast traktować *commons* jako źródło nieuchronnej tragedii, należy analizować warunki, w których społeczności są zdolne do samoorganizacji i skutecznego zarządzania wspólnymi zasobami.

Celem opracowania jest usystematyzowanie kluczowych pojęć teorii *commons* oraz zaproponowanie ich adekwatnej translacji i reinterpretacji w kontekście nauki i praktyki polityki publicznej w Polsce. Artykuł ma charakter analizy teoretyczno-koncepcyjnej, osadzonej w ekonomii instytucjonalnej, ekologicznej i behawioralnej oraz w studiach miejskich.

Wyniki analizy wskazują, że *commons* należy rozumieć nie jako kategorię zasobową, lecz jako specyficzną formę organizacji społeczno-instytucjonalnej opartą na wspólnocie użytkowników i regułach współzarządzania. W tym ujęciu kluczowe znaczenie ma praktyka kolektywnego działania (*commoning*), a nie sam status zasobu ani kwestie własności. W konsekwencji proponuje się stosowanie w języku polskim pojęcia „dobro wspólnotowe" jako bardziej adekwatnego odpowiednika dla *commons*, zamiast „dobra wspólnego", które stanowi odpowiednik angielskiego terminu *common good*.

Analiza pokazuje również, że błędna interpretacja *commons* prowadzi do ich marginalizacji jako kategorii „instytucjonalnie osieroconej", funkcjonującej między państwem a rynkiem bez wyraźnego zakotwiczenia w politykach publicznych. Ogranicza to możliwości ich rozwoju, zwłaszcza w warunkach niskiego kapitału społecznego.

Jednocześnie w dobie pogłębiających się zmian klimatu *commons* pełnią istotną, choć niedostatecznie rozpoznaną rolę w budowaniu lokalnej odporności klimatycznej, szczególnie poprzez wspieranie oddolnych form współzarządzania i kolektywnego działania.

Wnioskiem z analizy jest potrzeba włączenia *commons* do głównego nurtu polityki publicznej jako komplementarnego mechanizmu koordynacji wobec zawodności rynku i państwa. Reinterpretacja tej kategorii może stanowić podstawę dla projektowania nowych rozwiązań instytucjonalnych wspierających zrównoważony rozwój i adaptację do zmian klimatu.

SŁOWA KLUCZOWE | *commons*, lokalna polityka klimatyczna, odporność klimatyczna, kapitał społeczny
KEYWORDS | commons, local climate policy, climate resilience, social capital

[1] Dr Agnieszka Sobol, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, agnieszka.sobol@ios.edu.pl

28

SMR jako narzędzie sprawiedliwej dekarbonizacji ciepłownictwa i przemysłu: model prawno-regulacyjny alokacji kosztów sieciowych i transformacyjnych w erze AI oraz centrów danych

SMRs as an Instrument of Just Decarbonisation of District Heating and Industry: A Legal-Regulatory Model for Allocating Grid and Transition Costs in the Age of AI and Data Centres

Robert Zajdler[1]

Dekarbonizacja ciepłownictwa i przemysłu staje się nie tylko wyzwaniem technologicznym, lecz także problemem prawno-regulacyjnym związanym z alokacją kosztów transformacji. Elektryfikacja, rozwój gospodarki wodorowej, dekarbonizacja przemysłu oraz szybko rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną generowane przez sztuczną inteligencję i centra danych zwiększają presję na sieci elektroenergetyczne, zdolności przyłączeniowe i zasoby bilansujące. Jednocześnie koszty modernizacji sieci oraz transformacji ciepłownictwa niskoemisyjnego mogą być przerzucane na gospodarstwa domowe, odbiorców ciepła systemowego i innych odbiorców końcowych. Artykuł analizuje, czy małe reaktory modułowe – SMR – mogą stać się narzędziem sprawiedliwej dekarbonizacji poprzez dostarczanie stabilnej, niskoemisyjnej energii elektrycznej i ciepła, a zarazem ograniczanie kosztów sieciowych i transformacyjnych.

W artykule zaproponowano model prawno-regulacyjny wdrażania SMR w ciepłownictwie i zastosowaniach przemysłowych. Główna teza zakłada, że SMR nie powinny być oceniane wyłącznie jako instalacje jądrowe, lecz także jako lokalne aktywo wytwórcze zdolne do dostarczania energii elektrycznej, ciepła, pary przemysłowej, wodoru i chłodu oraz wzmacniania lokalnej odporności energetycznej. Analiza opiera się na metodzie dogmatycznoprawnej, przeglądzie polityk energetyczno-klimatycznych UE oraz ukierunkowanej syntezie literatury dotyczącej SMR, sprawiedliwości energetycznej, neutralności technologicznej, proporcjonalności, taryf sieciowych i regulacji adaptacyjnej.

Artykuł identyfikuje pięć warunków sprawiedliwego wdrażania SMR: rozpoznanie unikniętych kosztów sieciowych; zróżnicowane traktowanie SMR i micro-SMR według skali i ryzyka; operacyjne zastosowanie zasady neutralności technologicznej; ochronę odbiorców końcowych przed nieproporcjonalnym przerzucaniem kosztów; oraz wykorzystanie instrumentów przejściowych, takich jak piaskownice regulacyjne, umowy regulacyjne, długoterminowe umowy zakupu energii i ciepła oraz kontrakty różnicowe. Wniosek artykułu wskazuje, że SMR mogą wspierać sprawiedliwą dekarbonizację tylko wtedy, gdy ich wartość systemowa zostanie rozpoznana w przejrzystym i proporcjonalnym modelu alokacji kosztów.

SŁOWA KLUCZOWE | SMR, ciepłownictwo systemowe, dekarbonizacja przemysłu, sprawiedliwość energetyczna, koszty sieciowe, neutralność technologiczna, piaskownice regulacyjne, centra danych, sztuczna inteligencja, umowy zakupu ciepła

KEYWORDS | Small Modular Reactors district heating, industrial decarbonisation, energy justice, grid costs, technological neutrality, regulatory sandboxes, data centres, artificial intelligence, heat purchase agreements

[1] Dr hab. Robert Zajdler, Politechnika Warszawska

29

System zarządzania neutralnością klimatyczną województwa wielkopolskiego jako narzędzie integrujące działania adaptacyjne, mitygacyjne i odpornościowe w ramach projektu LIFE AFTER COAL PL

The Wielkopolska Region's climate neutrality management system as a tool for integrating adaptation, mitigation and resilience measures as part of the LIFE AFTER COAL PL project

Jacek Willecki[1]

Celem opracowania jest przedstawienie założeń Systemu Zarządzania Neutralnością Klimatyczną (SZNK), wdrażanego w ramach projektu LIFE AFTER COAL PL (LACPL), jako narzędzia integrującego działania prowadzące do poprawy jakości powietrza, przyśpieszenia transformacji energetycznej i zwiększenia wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) na terenie województwa wielkopolskiego. Zakres opracowania charakteryzuje elementy tego systemu wspierające interesariuszy poziomu lokalnego, ponadlokalnego i regionalnego w procesie zarzadzania ukierunkowanymi działaniami na rzecz klimatu oraz integruje różnorodne interwencje w synergiczny cel, m.in. poprzez wdrażanie Zintegrowanych Planów na rzecz Energii, Transportu i Klimatu (ZPETiK) w gminach, miastach i powiatach znacznej części Wielkopolski Wschodniej. Najważniejszymi składowymi SZNK będzie System Informatyczny (SI), Regionalna Sieć Monitoringu Jakości Powietrza (RSMJP) oraz bilanse energii i badania społeczno-gospodarcze obszaru realizacji LACPL, pozwalające na formatowanie systemu i zwiększanie zdolności instytucjonalnej samorządów w osiąganiu neutralności klimatycznej. Wynikiem wdrożenia SZNK będzie funkcjonowanie określonego procesu dochodzenia do neutralności klimatycznej, za pośrednictwem działań ukierunkowanych na zwiększenie efektywności energetycznej i udziału energii z OZE w produkcji energii oraz zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, co pozwoli na transformację Wielkopolski Wschodniej w obszar neutralny dla klimatu w perspektywie średniookresowej. Realizacja LACPL pozwala jednocześnie na przyspieszenie wdrożenia „Strategii na rzecz neutralności klimatycznej Wielkopolska Wschodnia 2040", wyznaczającej kierunki działań Samorządu Województwa Wielkopolskiego na rzecz rozwoju niskoemisyjnego i energooszczędnego sektora energetycznego, budownictwa, transportu oraz rozwoju energetyki wykorzystującej energię wiatru, słońca, wód geotermalnych, biomasy i biogazu. Wdrażany system pozwoli na przyśpieszenie procesu podejmowania decyzji dotyczących działań na rzecz klimatu przez gminy, powiaty i województwo, umożliwi identyfikację obszarów charakteryzujących wysokim zanieczyszczeniem powietrza wymagających pilnej interwencji, zapewni dostęp do zintegrowanych danych dotyczących realizacji ZPETiK oraz pozwoli na profesjonalizację działań zwiększających efektywność procesu osiągania neutralności klimatycznej przez jednostki samorządu terytorialnego.

SŁOWA KLUCZOWE | transformacja energetyczna, ochrona powietrza, odnawialne źródła energii, ograniczenie emisji CO^2

KEYWORDS | energy transition, air quality improvements, renewable energy sources, CO^2 emissions reduction

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Publikacja jest finansowana ze środków Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach projektu LIFE AFTER COAL PL – Wdrażanie Strategii na rzecz Neutralności Klimatycznej Wielkopolska Wschodnia 2040, 101069886 – LIFE21-IPC-PL-LIFE AFTER COAL PL.

[1] Dr inż. Jacek Willecki, Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego w Poznaniu, jacek.willecki@umww.pl, +48 616267566

30

Od diagnozy do działań naprawczych – wykorzystanie Strategicznych Map Hałasu w ochronie środowiska

From diagnosis to remedial action – the use of Strategic Noise Maps in environmental protection

Patrycja Chacińska[1]

Hałas środowiskowy stanowi jedno z najpoważniejszych zagrożeń do jakości życia mieszkańców współczesnych miast i obszarów zurbanizowanych. Intensywny rozwój infrastruktury transportowej, wzrost liczby pojazdów oraz zwiększająca się koncentracja ludności powodują stały wzrost oddziaływania akustycznego na środowisko. Nadmierny hałas wpływa negatywnie na zdrowie człowieka, komfort życia oraz funkcjonowanie przestrzeni publicznej, dlatego zagadnienia związane z jego ograniczaniem stają się istotnym elementem polityki środowiskowej i planowania przestrzennego. Szczególnego znaczenia problematyka ta nabiera w kontekście planowanej na rok 2027 V rundy sporządzania Strategicznych Map Hałasu (SMH), które to mapy stanowić powinny podstawowe narzędzie oceny klimatu akustycznego w środowisku.

Celem opracowania jest przedstawienie roli SMH jako podstawy do opracowywania i wdrażania Programów Ochrony Środowiska przed hałasem (POH). W referacie omówiony zostanie proces wykorzystania danych akustycznych w działaniach administracyjnych, planistycznych oraz technicznych, ukierunkowanych na identyfikację obszarów zagrożonych ponadnormatywnym oddziaływaniem hałasu i wyznaczanie działań ograniczających jego wpływ na środowisko. Szczególną uwagę poświęcono zależności pomiędzy wynikami analiz akustycznych a procesem podejmowania decyzji w zakresie ochrony terenów narażonych na ponadnormatywne oddziaływanie hałasu.

Zakres opracowania obejmuje analizę etapów tworzenia i wykorzystania SMH – od pozyskiwania danych wejściowych, modelowania akustycznego i identyfikacji obszarów problemowych, po opracowanie działań naprawczych w ramach POH. W pracy przedstawiono także wybrane narzędzia stosowane w praktyce ograniczania hałasu, takie jak ekrany akustyczne, ciche nawierzchnie drogowe, zmiany organizacji ruchu, ograniczenia prędkości czy działania planistyczne związane z zagospodarowaniem przestrzennym. Omówiono również problemy związane z interpretacją wyników strategicznych map hałasu, w tym wpływ jakości danych wejściowych oraz ograniczeń modeli obliczeniowych na ocenę rzeczywistego zagrożenia hałasem.

Wyniki analiz wskazują, że SMH mogą stanowić skuteczne narzędzie wspierające identyfikację obszarów wymagających działań naprawczych oraz umożliwiają priorytetyzację inwestycji związanych z ochroną środowiska przed hałasem. Ich właściwe wykorzystanie pozwala na bardziej efektywne planowanie działań technicznych i organizacyjnych oraz wspiera proces podejmowania decyzji przez administrację publiczną i zarządców infrastruktury transportowej. Jednocześnie wskazano, że skuteczność podejmowanych działań zależy od jakości danych, poprawności analiz oraz odpowiedniego powiązania wyników SMH z polityką przestrzenną i transportową.

W podsumowaniu podkreślono, że SMH pełnią kluczową rolę w systemie zarządzania klimatem akustycznym i stanowią niezbędne narzędzie wspierające realizację działań prowadzących do poprawy jakości życia mieszkańców. W kontekście nadchodzącej V rundy mapowania konieczne jest dalsze doskonalenie metod analiz oraz skuteczne wykorzystywanie wyników SMH w praktyce planistycznej i środowiskowej.

SŁOWA KLUCZOWE | hałas, Strategiczne Mapy Hałasu, Programy Ochrony Środowiska przed hałasem
KEYWORDS | noise, Strategic Noise Maps, Environmental Noise Protection Programmes

[1] Mgr inż. Patrycja Chacińska, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Laboratorium Akustyki Środowiska, patrycja.chacinska@ios.edu.pl, +48 735 201 054

31

Mikrozanieczyszczenia w środowisku: substancje czynne leków oraz mikroplastik

Micropollutants in the environment: active pharmaceuticals ingredients and microplastics

Grzegorz Nałęcz-Jawecki[1], Agata Drobniewska[2], Milena Wawryniuk[3]

Badania nad substancjami czynnymi leków (API) obecnymi w środowisku rozpoczęły się pod koniec XX wieku. Obejmują analizy: ich obecności w różnych elementach środowiska, losów, głównie w oczyszczalniach ścieków i w środowisku wodnym oraz działania na organizmy żywe. Od 2006 roku ocena ryzyka środowiskowego jest wymagana przy wprowadzaniu do obrotu wszystkich nowych leków w Europie. Badania prowadzone w Zakładzie Badania Środowiska (obecnie Toksykologii i Bromatologii) WUM obejmują analizy ekotoksykologiczne API z wykorzystaniem zestawu organizmów wodnych, przede wszystkim leków przeciwdepresyjnych i przeciwbakteryjnych. Badania przy użyciu symulatora światła słonecznego SunTest CPS+ wykazały, iż leki przeciwdepresyjne, a także produkty ich fotodegradacji są toksyczne dla organizmów wodnych w stężeniach 0,1-10 mg/L.

Termin mikroplastik został po raz pierwszy użyty w czasopiśmie Science w 2004 roku. Większość tworzyw sztucznych charakteryzuje się wysoką odpornością na czynniki fizykochemiczne, a także jest obojętna dla organizmów żywych. Jednakże w postaci mikro- i nanocząstek może adsorbować się na powierzchni i/lub wnikać do organizmów, np. odżywiających się poprzez filtrację zawiesin i oddziaływać negatywnie na ich funkcje życiowe. Mikroplastiki mogą być wektorami substancji toksycznych, np. lipofilnych, umożliwiając ich transport w ekosystemach i zwiększając ich biodostępność. Kolejnym istotnym zagadnieniem jest powstawanie na ich powierzchni biofilmu, mającego istotne znaczenie zarówno z punktu widzenia ekologii, jak i zdrowia publicznego. W badaniach własnych wykazaliśmy, iż pierwotniaki *Spirostomum ambiguum* pobierają mikroplastik z wody, nie odróżniając go od cząstek odżywczych (komórek drożdży). Mikrocząstki uzyskane z tworzyw sztucznych wykorzystywanych w gospodarstwie domowym nie wykazywały toksyczności ostrej dla pierwotniaków, a także nie absorbowały leków przeciwdepresyjnych. Nie można jednak wykluczyć oddziaływania długoterminowego, np. wywołanego generowaniem rodników na powierzchni mikrocząstek, zwłaszcza starzonych. Toksyczność cząstek zależy od ich wielkości. Dlatego istotnym wyzwaniem jest obecnie określenie narażenia środowiska na mikrocząstki o wymiarach poniżej 10 µm i nanocząstki, dotychczas niewykrywane z uwagi na brak odpowiednich metod badawczych. Celem projektu finansowanego w ramach TEAM NET (FNP) jest opracowanie urządzenia AQuaRam umożliwiającego prowadzenie takich analiz w środowisku wodnym.

Uzyskane dotychczas wyniki badań środowiskowych nad lekami i mikroplastikiem podniosły świadomość społeczeństw i decydentów na temat problemu trwałych zanieczyszczeń środowiskowych. Doprowadziły do zakazu stosowania mikrocząstek w kosmetykach, zaproponowania w Unii Europejskiej stosowania czwartego stopnia oczyszczania ścieków, a także ograniczenia sprzedaży niektórych materiałów jednorazowego użytku oraz zwiększenia recyklingu tworzyw sztucznych.

SŁOWA KLUCZOWE | syntetyczne polimery, leki, sorpcja, fotodegradacja, fototoksyczność
KEYWORDS | synthetic polymers, pharmaceuticals, sorption, photodegradation, phototoxicity

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA
Finansowanie: NCN (Opus 18: UMO2019/35/B/NZ8/01388), FNP (TEAM NET: FENG:02.03-IP.05-0014/24).

[1] Prof. dr hab. Grzegorz Nałęcz-Jawecki, Zakład Toksykologii i Bromatologii, Wydział Farmaceutyczny, Warszawski Uniwersytet Medyczny, gnalecz@wum.edu.pl, +48 22 5720795
[2] Dr Agata Drobniewska, Zakład Toksykologii i Bromatologii, Wydział Farmaceutyczny, Warszawski Uniwersytet Medyczny
[3] Dr Milena Wawryniuk, Zakład Toksykologii i Bromatologii, Wydział Farmaceutyczny, Warszawski Uniwersytet Medyczny

32

Sita molekularne w selektywnej remediacji środowiska gruntowo-wodnego: od metali ciężkich po wyzwania ery farmaceutyków i nanocząstek – 40 lat doświadczenia badawczego

Molecular Sieves in the Selective Remediation of the Soil-Water Environment: From Heavy Metals to the Challenges of the Era of Pharmaceuticals and Nanoparticles – 40 Years of Research Experience

Barbara Gworek[1]

Sita molekularne, obejmujące m.in. naturalne i syntetyczne zeolity, stanowią grupę krystalicznych glinokrzemianów o unikalnej strukturze i właściwościach fizykochemicznych, które predysponują je do zastosowań w selektywnej remediacji środowiska gruntowo-wodnego. Ich trójwymiarowy szkielet, zbudowany z tetraedrów SiO_4 i AlO_4, uporządkowany system kanałów i komór, obecność kationów kompensujących ładunek sieciowy oraz możliwość modyfikacji centrów aktywnych decydują o wysokiej pojemności jonowymiennej, właściwościach sorpcyjnych i zdolności do selektywnego oddziaływania z jonami oraz cząsteczkami zanieczyszczeń.

Czterdziestoletnie doświadczenia badawcze w zakresie wykorzystania sit molekularnych obejmują ich zastosowanie w oczyszczaniu i remediacji gleb, wód, ścieków oraz osadów ściekowych, ze szczególnym uwzględnieniem wyników badań własnych i rozwiązań patentowych. Zakres prowadzonych prac dotyczył ograniczania mobilności, biodostępności i transferu metali ciężkich, w tym Pb, Cd, Zn i Cu, oraz radionuklidów, a także usuwania lub immobilizacji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, pestycydów, farmaceutyków i nanocząstek – zanieczyszczeń reprezentujących zarówno klasyczne, jak i współczesne wyzwania technologii ochrony środowiska.

Szczególne znaczenie w tych badaniach miało porównanie właściwości klinoptylolitu oraz syntetycznych zeolitów typu A i X, różniących się geometrią kanałów, wielkością komór, stosunkiem Si/Al, dostępnością centrów aktywnych oraz selektywnością wobec określonych grup zanieczyszczeń. W przypadku metali ciężkich i radionuklidów dominującymi mechanizmami działania były wymiana jonowa, sorpcja oraz ograniczanie biodostępności w układzie gleba–woda–roślina. Dla zanieczyszczeń organicznych istotne znaczenie miały sorpcja powierzchniowa, oddziaływania hydrofobowe oraz możliwość ukierunkowanej modyfikacji materiału. W odniesieniu do nanocząstek kluczowe pozostaje ograniczanie mobilności układów koloidalnych, ich agregacja oraz trwała immobilizacja w strukturze lub na powierzchni sorbentu.

Badania wskazują, że sita molekularne mogą być traktowane jako uniwersalna, ale jednocześnie selektywna platforma materiałowa dla nowoczesnych technologii remediacyjnych. Ich zastosowanie umożliwia nie tylko usuwanie zanieczyszczeń, lecz także aktywne sterowanie ich mobilnością, biodostępnością i toksycznością w środowisku. Przedstawione podejście wpisuje się w rozwój innowacyjnych technologii środowiskowych, gospodarkę o obiegu zamkniętym oraz potrzebę projektowania materiałów funkcjonalnych odpowiadających na nowe formy presji antropogenicznej.

SŁOWA KLUCZOWE | sita molekularne, zeolity, remediacja, środowisko gruntowo-wodne, metale ciężkie, radionuklidy, WWA, pestycydy, farmaceutyki, nanocząstki, sorpcja, wymiana jonowa, immobilizacja

KEYWORDS | molecular sieves, zeolites, remediation, soil-water environment, heavy metals, radionuclides, PAHs, pesticides, pharmaceuticals, nanoparticles, sorption, ion exchange, immobilization

[1] Prof. dr hab. inż. Barbara Gworek, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, barbara.gworek@ios.edu.pl

33

Znaczenie zrekultywowanych hałd odpadów w gospodarce o obiegu zamkniętym

Significance of reclaimed waste heaps in the circular economy

Joanna Fajfer[1], Paulina Kostrz-Sikora[2]

Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ) to model produkcji i konsumpcji, którego naczelną zasadą jest pozostawanie wytworzonych produktów w obiegu do czasu całkowitego wyczerpania ich funkcji użytkowych. Strategia GOZ – ukierunkowana na ograniczenie presji środowiskowych, m.in. poprzez zmniejszenie ilości powstających odpadów – promuje ich recykling i odzysk, ale także wykorzystanie odpadów unieszkodliwionych poprzez składowanie. Szczególnie interesującą kwestią w obszarze GOZ jest odzysk odpadów nagromadzonych na zrekultywowanych hałdach i składowiskach, ponieważ odpady te mogą potencjalnie stanowić substytut surowców naturalnych, przyczyniając się tym samym do poprawy bilansu surowcowego kraju.

Dla wybranych zrekultywowanych obiektów, na których deponowano w przeszłości odpady z hutnictwa cynku, energetycznego spalania paliw węglowych, a także odpadowe surowce energetyczne i skalne, przeprowadzono analizę pod kątem możliwości wykorzystania nagromadzonych na nich odpadów jako substytutu surowców. W oparciu o wykonane badania składu chemicznego tych odpadów oraz symulację opłacalności ekonomicznej ich wydobycia wskazano, czy proces ten jest opłacalny (tj. czy możliwa jest kompensacja nakładów poniesionych na rekultywację i odzysk odpadów z obiektu wraz z ponownym zagospodarowaniem odzyskanego terenu).

Przeprowadzone badania chemiczne odpadów nagromadzonych na wybranych obiektach wykazały, że odpady te mogą zostać poddane następującym procesom: odzyskowi metali zawartych w odpadach, produkcja kruszywa, zastosowanie do podbudowy dróg, wykorzystanie do niwelacji terenu, doszczelnienie starych zrobów i profilaktyka przeciwpożarowa w górnictwie. Natomiast konkretny rodzaj zastosowania powinien być poparty analizą wpływu na środowisko danego rodzaju odpadów oraz spełnieniem odpowiednich norm i specyfikacji technicznych.

W przypadku analizy opłacalności ekonomicznej wykorzystania odpadów jako źródła substytutów surowców naturalnych przyjęto, że warunek opłacalności zostanie spełniony, gdy różnica pomiędzy przychodem ze sprzedaży odpadów a poniesionymi nakładami inwestycyjnymi będzie większa od zera. Analizę oparto na trzech kluczowych elementach: kosztach przeprowadzonej w przeszłości rekultywacji, kosztach związanych z wdrożeniem i realizacją inwestycji oraz możliwości sprzedaży odzyskanych odpadów za cenę gwarantującą pokrycie poniesionych wydatków.

Wykonane symulacje oceny efektywności ekonomicznej wykorzystania odpadów jako źródła substytutów surowców wykazały, że w przypadku każdego z badanych obiektów jednostkowy koszt wydobycia i przygotowania do sprzedaży odpadów był niższy niż koszt zakupu surowców. W efekcie uzyskano potwierdzenie istnienia ekonomicznych przesłanek uzasadniających wykorzystanie odpadów nagromadzonych na zrekultywowanych obiektach oraz możliwość włączenia tego strumienia odpadów w model GOZ.

SŁOWA KLUCZOWE | GOZ, odpady, odzysk, zrekultywowane hałdy i składowiska, opłacalność ekonomiczna

KEYWORDS | circular economy, waste, recovery, reclaimed waste heaps and waste disposal sites, cost-effectiveness

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Badania zostały sfinansowane ze środków statutowych PIG-PIB (projekt nr 61.4104.1801.00.0).

[1] Dr Joanna Fajfer, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, joanna.fajfer@pgi.gov.pl, +48 32 296 48 52
[2] Dr Paulina Kostrz-Sikora, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, paulina.kostrz-sikora@pgi.gov.pl, +48 22 459 21 24

34

Transgraniczne przemieszczanie odpadów – wyzwania dla służb i organów ścigania

International waste shipment – challenges for inspection and law enforcement authorities

Ewelina Gałuszka[1]

W ostatnich latach obserwujemy alarmujący wzrost działalności tzw. mafii ekologicznych, które zajmują się nielegalnym przemieszczaniem odpadów. Walka z mafią ekologiczną wymaga współpracy różnych instytucji oraz skutecznych rozwiązań legislacyjnych. W celu zwalczania przestępstw przeciwko środowisku, konieczne jest przyjęcie przepisów prawnych, które je definiują i umożliwiają ich karanie. Wykrywanie i karanie rzeczywistych przestępstw, wymaga skutecznego łańcucha interwencji obejmującego inspektoraty ds. ochrony środowiska, organy ścigania, prokuratorów i sądy. Aby łańcuch egzekwowania prawa był skuteczny, wymaga traktowania przestępstw przeciwko środowisku jako części szerszego zjawiska.

W kontekście konsolidacji europejskiej oraz liberalizacji rynku odpadowego, szczególnego znaczenia nabiera proceder nielegalnego przemieszczania odpadów. Mafie odpadowe wykorzystują różnice w regulacjach prawnych, w poziomie kontroli instytucjonalnej oraz kosztach utylizacji, by organizować transgraniczne przemieszczanie odpadów, które narusza przepisy wspólnotowe oraz konwencje międzynarodowe.

Grupy przestępcze oferują legalnym przedsiębiorcom usługi utylizacji po cenach znacznie niższych niż rynkowe, porzucają odpady w wyrobiskach poeksploatacyjnych, powołują do życia podmioty gospodarcze o charakterze fasadowym (*shell companies*), tworzą fałszywe dokumenty kształtując ich fikcyjny obieg, a także wykorzystują legalnie zarejestrowane spółki do legitymowania przestępczej działalności przed organami kontrolnymi- tzw. przestępczość „białych kołnierzyków". Państwa o niższych standardach środowiskowych stają się miejscem docelowym dla odpadów pochodzących z krajów o restrykcyjnych regulacjach, co prowadzi do poważnych skutków ekologicznych i społecznych.

Handel nielegalnymi odpadami generuje roczne zyski sięgające nawet kilkuset miliardów dolarów, a wysoka rentowność tej działalności sprawia, że przestępcy decydują się na ten proceder, pomimo katastrofalnych skutków dla środowiska.

Celem zwalczania przestępczości środowiskowej związanej z nielegalnym ruchem międzynarodowym, rządy krajów europejskich podejmują szereg działań, aktualizując i dostosowując obowiązujące regulacje prawne do zmieniającego się rynku odpadowego. Współpraca międzynarodowa służb i organów ścigania odgrywa kluczową rolę w walce z mafią ekologiczną. Wymiana informacji oraz koordynacja działań pozwala skuteczniej działać i powstrzymać przemyt na większą skalę. Walka z nielegalnym przemieszczaniem odpadów to nie tylko kwestia karania przestępców, ale przede wszystkim ochrona środowiska i zdrowia społeczeństwa. Współpraca służb stanowi więc solidny fundament w walce z nielegalnym przemieszczaniem odpadów i jest ona kluczowa dla osiągnięcia sukcesu w istotnej kwestii jaką jest ochrona środowiska.

SŁOWA KLUCZOWE | odpady, mafia środowiskowa, nielegalny transport odpadów, przestępstwa środowiskowe, zanieczyszczenie środowiska, współpraca międzynarodowa, spółki fasadowe, sfałszowane dokumenty, zwalczanie nielegalnego handlu i przemytu odpadów przy wykorzystaniu różnych kanałów działania, transgraniczne dochodzenia prowadzone przez państwa członkowskie UE

KEYWORDS | waste, waste mafia, ecological mafia, illegal waste shipment, environmental crimes, environmental pollution, international cooperation, shell companies, forged documents, fighting waste illegal, trafficking through various channels, transnational investigations by EU Member States

[1] Mgr Ewelina Gałuszka, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie, ewelina.galuszka@onet.pl, +48 518 450 896

P.1

Design focused on therapeutic properties of landscape in architecture and urban planning. Health-promoting places in the city

Monika Trojanowska[1]

Research on the impact of landscape on human health, conducted across numerous scientific disciplines, has yielded a wealth of scientific evidence that can be used in architectural and urban design. Contact with nature and the aesthetic value of the surrounding environment can have a direct impact on human well-being and health. Following the Evidence-Based Medicine movement, the Evidence-Based Design approach is increasingly being used in architectural design. An interesting research question could be examining the relationship between actions aimed at enhancing the aesthetics of public spaces and protecting the corridors connecting green and blue infrastructure in cities. Nature-Based Solutions can contribute to improving the aesthetic quality of public spaces. Preventing the hardening of surfaces in a way that makes them impermeable to water, protecting ecological corridors, introducing new street plantings, linear and pocket parks, combined with the protection of habitat species and applying the principles of phytosociological selection, can yield very good aesthetic results. At the same time, such activities contribute to improving the microclimate and facilitating daily contact with nature for residents of all ages. The aim of this study is to present selected examples of good practices in implementing an approach based on imitating nature. Examples were selected that, while enhancing the aesthetics of public spaces, allow city residents to effortlessly connect with nature. The presentation will feature a collage of selected examples of good practices in implementing nature-based solutions in urban centers. All examples were verified using a standarised tool – the universal standard for health-promoting places. It seems that such solutions should be widely adopted in Poland.

KEYWORDS | therapeutic landscapes, health promotion places, architecture, urban planning

[1] Prof. dr hab. inż. arch. Monika Trojanowska, Katedra Architektury, Instytut Inżynierii Lądowej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, monika_trojanowska@sggw.edu.pl

P.2

Możliwości wykorzystania surowców odzyskanych ze ścieków komunalnych w produkcji systemów GRP w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym i zrównoważonego rozwoju

Potential Use of Raw Materials Recovered from Municipal Wastewater in the Production of GRP Systems in the Context of the Circular Economy and Sustainable Development

Aleksander Czapla[1], Izabela Kruszelnicka[2], Jakub Drewnowski[3]

Rosnąca presja na zasoby kopalnego piasku kwarcowego oraz potrzeba wdrażania zasad gospodarki o obiegu zamkniętym skłania do poszukiwania alternatywnych surowców dla przemysłu materiałowego. Przedstawione badania koncentrują się na ocenie możliwości wykorzystania piasku kwarcowego odzyskiwanego z oczyszczalni ścieków jako zamiennika materiału komercyjnie stosowanego w produkcji rur z tworzywa sztucznego wzmacnianego włóknem szklanym (GRP). Podejście to wpisuje się w transformację tradycyjnych oczyszczalni ścieków w obiekty odzysku zasobów i energii, w których produkty uboczne procesu oczyszczania stają się wartościowymi surowcami wtórnymi.

W ramach obecnego etapu badań przeanalizowano piasek komercyjny oraz próbki piasku odzyskanego z dwóch oczyszczalni ścieków. Zakres analiz obejmował ocenę uziarnienia metodą sitową, oznaczenie straty przy prażeniu (LOI) jako wskaźnika zawartości substancji organicznych, obserwacje morfologii ziaren z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), analizę składu pierwiastkowego metodą EDS oraz oznaczenia metali ciężkich po mineralizacji w wodzie królewskiej. Uzyskane wyniki wskazują, że wybrane próbki odzyskanego piasku, zwłaszcza po wstępnym płukaniu, wykazują obiecujące właściwości pod względem składu ziarnowego i czystości materiału.

Kolejny etap prac obejmie badania właściwości mechanicznych materiału kompozytowego zawierającego odzyskany piasek kwarcowy oraz ocenę parametrów użytkowych rur wykonanych z tego materiału, co pozwoli określić, czy odzyskany piasek może zostać wdrożony do wielkoskalowej produkcji rur GRP bez pogorszenia ich trwałości, jakości i parametrów eksploatacyjnych, przy jednoczesnym ograniczeniu śladu węglowego oraz ilości odpadów kierowanych do składowania.

SŁOWA KLUCZOWE | odzysk piasku kwarcowego, oczyszczalnia ścieków, gospodarka o obiegu zamkniętym, rury GRP, odzysk zasobów, surowce pochodzące ze ścieków

KEYWORDS | silica sand recovery, wastewater treatment plants, circular economy, glass fibre reinforced plastic (GRP) pipes, resource recovery, secondary raw materials

[1] Mgr inż. Aleksander Czapla, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, aleksander.czapla@pg.edu.pl
[2] Dr hab. inż. Izabela Kruszelnicka, prof. PP, Wydział Inżynierii Środowiska I Energetyki, Politechnika Poznańska
[3] Dr hab. inż. Jakub Drewnowski, prof. PG, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

P.3

Tiny particles, big problem: micro- and nanoplastics in drinking water

Alina Pohl[1], Michał Bodzek[2]

The global increase in plastic production has led not only to environmental pollution but also to the presence of plastic debris in drinking water. Micro- and nanoplastics (MNPs), defined as plastic particles smaller than 5 mm, are increasingly detected in both surface waters used as sources of drinking water and in tap water. This phenomenon raises significant concerns regarding the effectiveness of water treatment processes and the potential health impacts of MNPs on humans.

Consequently, the aim of this study is to present an overview of current methods for the detection of micro- and nanoplastics in high-purity waters, as well as to characterize the basic properties of these contaminants, such as polymer type, particle size, and shape. Particular attention is given to the potential health risks associated with their consumption through drinking water. A comparison of MNP removal efficiency in selected unit processes used in water treatment is also conducted.

For the detection of plastic particles in drinking water, spectroscopic methods such as FTIR and Raman spectroscopy are mainly used, as well as pyrolysis coupled with mass spectrometry (Py-GC/MS). In the feed water of drinking water treatment plants (DWTPs), the most frequently detected polymers are polyethylene terephthalate, polyethylene, and polypropylene. The dominant morphology consists primarily of fragments. Additionally, fibers, spheres, and films are also observed in DWTP influent water. The efficiency of removing such contaminants varies and depends on the applied treatment process. Drinking water treatment in DWTPs typically includes coagulation, flocculation, sedimentation, sand filtration, and disinfection; however, to date, no dedicated technologies for the removal of MNPs from water have been developed.

Literature review indicates significant research gaps in the removal mechanisms of micro- and nanoplastics, emphasizing the need for further studies on their occurrence, behavior in aquatic environments, and removal in drinking water treatment systems.

KEYWORDS | micro- and nanoplastics, drinking water, drinking water treatment plants

1 Dr inż. Alina Pohl, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, alina.pohl@ipispan.edu.pl, +48 32 271 64 81, wew. 256
2 Prof. dr hab. inż. Michał Bodzek, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, michal.bodzek@ipispan.edu.pl, +48 32 271 64 81, wew. 229

P.4

Ocena wpływu herbicydu na bazie glifosatu na aktywność fotosyntetyczną zielenicy *Pseudopediastrum boryanum* w warunkach laboratoryjnych

Assessment of the impact of a glyphosate-based herbicide on the photosynthetic activity of the green algae *Pseudopediastrum boryanum* under laboratory conditions

Paulina Głazik[1], Małgorzata Sutkowy[2]

Glifosat to organiczny związek chemiczny z grupy fosfonianów, powszechnie stosowany jako nieselektywny herbicyd do zwalczania chwastów. Ze względu na swoją skuteczność jest jednym z najczęściej używanych środków ochrony roślin na świecie. Jego powszechne stosowanie budzi jednak kontrowersje związane z możliwym negatywnym wpływem na różnorodne elementy środowiska, szczególnie na organizmy wodne, które mogą być narażone na kontakt z tym związkiem w wyniku spływu powierzchniowego oraz jego akumulacji w ekosystemach wodnych.

Celem pracy była ocena wpływu herbicydu na bazie glifosatu na aktywność fotosyntetyczną zielenicy *Pseudopediastrum boryanum*. Obiektem badań był szczep mikroalgi z gatunku *Pseudopediastrum boryanum var longicorne* (*Chlorophyceae*, *Sphaeropleales*), pochodzący z Kolekcji Kultur Glonów Zakładu Fykologii Instytutu Botaniki im. W. Szafera PAN w Krakowie. Eksperyment przeprowadzono w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, w 500 ml kolbach Erlenmeyera, zawierających 180 ml medium hodowlanego Chu (pH = 7,0 ± 0,1) w wariantach uwzględniających wzrastające stężenie glifosatu, tj. 0, 1, 8, 16 oraz 32 mg/l. Hodowlę kontrolną (bez glifosatu) oraz hodowle doświadczalne (z glifosatem) zaszczepiono 20 ml *inoculum* mikroalgi *P. boryanum* o gęstości optycznej OD_{680} = 0,9. Pomiary wykonywano po 0 h, 24 h, 48 h, 72 h oraz po 9 dniach ekspozycji. Monitorowano średnią aktywność fotosyntetyczną mikroalgi *P. boryanum*, wyrażoną w procentach. Dodatkowo oznaczano zawartość chlorofilu a przypisanego do zielenic, wyrażoną w µg/l. Po zakończeniu eksperymentu biomasę *P. boryanum* oddzielono od roztworów hodowlanych poprzez filtrację, a następnie wysuszono i oznaczono jej suchą masę.

Uzyskane wyniki wskazują na spadek aktywności fotosyntetycznej wraz ze wzrostem stężenia glifosatu, co świadczy o jego hamującym wpływie na aparat fotosyntetyczny badanej zielenicy. Jednocześnie stwierdzono wzrost zawartości chlorofilu a wraz ze wzrostem stężenia herbicydu. Rozbieżność między spadkiem aktywności fotosyntetycznej, a wzrostem zawartości chlorofilu może wskazywać na zaburzenia funkcjonowania aparatu fotosyntetycznego oraz występowanie reakcji stresowej badanych organizmów. Wyniki przeprowadzonego eksperymentu pokazują, iż obecność tego herbicydu w środowisku wodnym może prowadzić do zaburzeń fizjologicznych mikroorganizmów fotosyntetyzujących, co może potencjalnie wpływać na funkcjonowanie ekosystemów wodnych.

SŁOWA KLUCZOWE | glifosat, zielenice, *Pseudopediastrum boryanum*, aktywność fotosyntetyczna
KEYWORDS | glyphosate, green algae, *Pseudopediastrum boryanum*, photosynthetic activity

1 Lic. Paulina Głazik, Katedra Biotechnologii, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, paulinaglazik1@gmail.com
2 Dr inż. Małgorzata Sutkowy, Katedra Biotechnologii, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, sutkowy@ukw.edu.pl, +48 52 325 92 17

P.5

Znaczenie mikroorganizmów glebowych w rolnictwie w obliczu zmian klimatycznych

The importance of soil microorganisms in agriculture in the face of climate change

Karolina Furtak[1], Karolina Gawryjołek[2], Marta Wyzińska[3], Jolanta Bojarszczuk[4], Agata Młodzińska[5]

Mikroorganizmy glebowe odgrywają kluczową rolę w funkcjonowaniu agroekosystemów, szczególnie w kontekście postępujących zmian klimatycznych. Bakterie, grzyby oraz archeony uczestniczą w procesach obiegu składników pokarmowych, mineralizacji materii organicznej oraz tworzenia struktury gleby, co bezpośrednio wpływa na jej żyzność i zdolność do retencji wody. W warunkach rosnących temperatur, coraz częściej występujących i dłużej trwających susz, a także ekstremalnych zjawisk pogodowych (ulewy, powodzie), aktywność i różnorodność mikrobiomu glebowego ulegają istotnym zmianom, co może zarówno ograniczać, jak i wspierać produktywność rolniczą.

Szczególne znaczenie przypisuje się bakteriom promującym wzrost roślin (PGPB) oraz grzybom mykoryzowym, które mogą zwiększać odporność roślin na stres abiotyczny, poprawiają efektywność wykorzystania składników pokarmowych oraz wspomagają adaptację do niekorzystnych warunków środowiskowych. Zrozumienie interakcji pomiędzy mikroorganizmami, a środowiskiem glebowym w kontekście zmian klimatycznych jest kluczowe dla opracowania strategii zwiększających odporność systemów rolniczych.

W realizowanych badaniach ocenialiśmy wpływ warunków suszy na jakość środowiska glebowego z uwzględnieniem społeczności bakterii glebowych w doświadczeniu wazonowym z soją, pszenicą ozimą oraz rzepakiem ozimym.

Doświadczenie przeprowadzono na hali wegetacyjnej IUNG-PIB z wykorzystaniem 7 kg wazonów Mitscherlicha. Stres suszy wprowadzono poprzez obniżenie nawodnienia do 30% polowej pojemności wodnej (PPW). W obiektach kontrolnych nawadnianie utrzymywano cały czas na poziomie 60% PPW. Próbki glebowe pobrano 7 dni po wprowadzeniu stresu, następnie po zbiorach roślin. W próbkach oznaczono aktywność dehydrogenaz oraz różnorodność strukturalną w oparciu o sekwencjonowanie następnej generacji (NGS) fragmentu 16S rRNA (NovaSeq6000 Illumina).

Zaobserwowano, że aktywność enzymatyczna i różnorodność taksonomiczna bakterii oraz zmiana tych wskaźników w reakcji na wystąpienie warunków stresowych różni się w zależności od uprawianej rośliny. Ponadto, w przypadku doświadczenia z soją i pszenicą odnotowano wyraźny spadek aktywności dehydrogenaz i różnorodności bakterii po zbiorach roślin w stosunku do gleb pobranych na początku doświadczenia. W wariancie z rzepakiem obniżenie wartości tych wskaźników było widoczne w glebie kontrolnej (60% PPW), natomiast w warunkach suszy zaobserwowano wzrost aktywności dehydrogenaz przy jednoczesnym spadku bioróżnorodności. Wyniki te podkreślają wpływ rośliny na mikrobiom glebowy oraz jego reakcję na warunki stresowe.

SŁOWA KLUCZOWE | bakterie, gleba, mikrobiom, rolnictwo, zmiany klimatu
KEYWORDS | bacteria, soil, microbiome, agriculture, climate change

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Opracowanie powstało w ramach realizacji projektu nr LIDER14/0250/2023 pt. „Opracowanie innowacyjnego preparatu mikrobiologicznego o charakterze osmoprotekcyjnym do wspomagania oraz ochrony roślin uprawnych w warunkach stresu osmotycznego wywołanego zmienną wilgotnością gleby i zasoleniem" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR).

[1] Dr hab. Karolina Furtak, Zakład Mikrobiologii, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, kfurtak@iung.pulawy.pl, +48 81 4786 961
[2] Mgr Karolina Gawryjołek, Zakład Mikrobiologii, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, kgaw@iung.pulawy.pl, +48 81 4786 962
[3] Dr inż. Marta Wyzińska, Zakład Uprawy Roślin i Jakości Plonu, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, mwyzinska@iung.pulawy.pl, +48 81 4786 814
[4] Dr inż. Jolanta Bojarszczuk, Zakład Uprawy Roślin i Jakości Plonu, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, jbojarszczuk@iung.pulawy.pl, +48 81 4786 796
[5] Mgr Agata Młodzińska Bioidea, ul. Bruzdowa 100J lok. 12, 02-991 Warszawa, agata.mlodzinska@bioidea.com.pl, +48 723 929 862

P.6

Towards Low-Carbon Cement: Multiscale Modeling of Nano-Engineered Cementitious Composites for Sustainable Infrastructure

Grzegorz Mierzwa[1], Damian Stefaniuk[2], Łukasz Sadowski[3]

Cement production is responsible for a significant share of global CO_2 emissions, which creates an urgent need for the development of more sustainable and durable construction materials. The aim of this study is to present a multiscale modeling framework for nano-engineered cementitious composites that supports the design of low-carbon materials with improved performance and durability. The scope of the work includes the integration of quantum chemical simulations, atomistic modeling, and machine-learning approaches to describe key physicochemical processes occurring in cement-based systems.

At the atomic level, density functional theory and ab initio molecular dynamics are used to investigate hydration mechanisms, interfacial bonding, and degradation processes such as carbonation and chloride ingress. These simulations provide fundamental descriptors, including bond energetics, charge distribution, and adsorption phenomena, which are subsequently transferred to higher modeling scales. The multiscale approach enables linking atomistic interactions with macroscopic properties such as mechanical performance, transport behavior, and long-term durability.

The results demonstrate that nano-additives, including graphene oxide, carbon nanotubes, and oxide nanoparticles, can significantly influence hydration pathways, enhance interfacial adhesion, and improve resistance to aggressive environmental conditions. The integration of machine-learning models further enables efficient knowledge transfer across scales and supports predictive optimization of material composition.

In conclusion, the proposed framework provides a mechanistic basis for the development of low-carbon cementitious materials by connecting fundamental chemical processes with engineering-scale performance. This approach contributes to reducing material consumption, extending service life of infrastructure, and supporting sustainable construction in the context of current environmental challenges.

KEYWORDS | low-carbon cement, multiscale modeling, nano-engineered cementitious composites, machine learning, sustainability

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

The authors are grateful to the Wroclaw Centre for Networking and Supercomputing for a generous allocation of computer time.

[1] Dr Grzegorz Mierzwa, The Institute of Environmental Protection – National Research Institute, Warsaw, grzegorz.mierzwa@ios.edu.pl
[2] Dr Damian Stefaniuk, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, dstefani@mit.edu
[3] Prof. Łukasz Sadowski, Wrocław University of Science and Technology, lukasz.sadowski@pwr.edu.pl

P.7

Modelowanie emisji z sektora komunalno-bytowego w Polsce z wykorzystaniem danych o wysokiej rozdzielczości

High-resolution modelling of residential heating emissions in Poland

Anahita Sattari[1], Karol Szymankiewicz[1], Marek Soliwoda[1], Agnieszka Bartocha[1], Iwo Augustyński[1], Lech Gawuć[1], Małgorzata Soliwoda[1]

Sektor komunalno-bytowy jest jednym z głównych źródeł zanieczyszczenia powietrza w Europie, szczególnie w Polsce, gdzie paliwa stałe, takie jak węgiel i drewno, nadal są powszechnie wykorzystywane do ogrzewania gospodarstw domowych. Emisje z tego sektora istotnie przyczyniają się do podwyższonych stężeń pyłów zawieszonych PM2.5 i PM10, benzo(a)pirenu (BaP) oraz innych szkodliwych substancji, często prowadząc do przekroczeń norm jakości powietrza, co stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi. Opracowanie dokładnych, wysokorozdzielczych inwentaryzacji emisji jest kluczowe dla skutecznego zarządzania jakością powietrza, jednak tradycyjne podejścia obarczone są istotnymi niepewnościami wynikającymi z ograniczonej wiedzy o rzeczywistym wykorzystaniu paliw oraz niepełnego uwzględnienia rozkładu przestrzennego źródeł emisji.

W niniejszej pracy przedstawiono poprawioną inwentaryzację emisji z indywidualnych źródeł grzewczych w Polsce. Wprowadzono dwie kluczowe modyfikacje: wykorzystanie danych z Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB) oraz uwzględnienie emisji z przygotowania ciepłej wody użytkowej. Podejście bazowe integrowało dane krajowe i lokalne, obejmujące charakterystykę budynków (BDOT10k), HDD, strukturę zużycia paliw, zużycie gazu, wiek budynków oraz informacje o sieciach ciepłowniczych. W zaktualizowanej metodologii przeprowadzono geokodowanie około 12 mln deklaracji CEEB, co umożliwiło przypisanie rzeczywistych typów źródeł ciepła i ich parametrów do poszczególnych budynków, z rozróżnieniem na systemy ogrzewania i przygotowania ciepłej wody. Udziały nośników energii (źródła bezemisyjne, gaz, olej, węgiel, biomasa) określono w wysokiej rozdzielczości przestrzennej na poziomie gminy/dzielnicy. Emisje związane z przygotowaniem ciepłej wody oszacowano na podstawie standardowego zapotrzebowania energetycznego, uwzględniając typ i powierzchnię budynków.

Wpływ wprowadzonych modyfikacji oceniono przy użyciu modelu jakości powietrza GEM-AQ w rozdzielczości 2,5 km, analizując dwa scenariusze emisji: bazowy oraz rozszerzony o dane CEEB i emisje z ciepłej wody. Walidacja wyników modelowania na podstawie danych pomiarowych wykazała wyraźną poprawę odwzorowania stężeń zanieczyszczeń, zarówno pod względem ich wielkości, jak i rozkładu przestrzennego. Uzyskane wyniki potwierdzają, że zastosowanie szczegółowych danych o źródłach emisji znacząco zwiększa wiarygodność inwentaryzacji i stanowi solidną podstawę dla dalszych analiz oraz działań na rzecz poprawy jakości powietrza.

SŁOWA KLUCZOWE | emisje, ogrzewanie, ciepła woda, CEEB, PM, BaP

KEYWORDS | Emissions, Residential heating, Water heating, CEEB, Particulate Matters, BaP

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Projekt ten stanowił część ustawowego zadania dotyczącego Centralnej Bazy Emisyjnej (CBE) w Krajowym Ośrodku Bilansowania i Zarządzania Emisjami, działającym w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym.

[1] Dr inż. Anahita Sattari, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, anahita.sattari@ios.edu.pl, +48 22 4628165

P.8

Temperatura powietrza w Zamościu jako wskaźnik zmian klimatu

Air temperature as an indicator of climate change

Andrzej Samborski[1]

Do kluczowych wskaźników bazy ECED (*European Climate Data Explorer*), na podstawie których można ocenić zagrożenia wynikające ze zmian klimatu należą, między innymi: średnia, minimalna i maksymalna temperatura powietrza, suma dziennych temperatur poniżej 15,5ºC (tzw. dni ogrzewania), suma dziennych temperatur powyżej 22ºC (dni chłodzenia) oraz klimatyczne fale upałów, czyli okres co najmniej trzech kolejnych dni z temperaturą powietrza >30ºC. Z punktu widzenia rolnictwa istotne znaczenie ma wartość i rozkład temperatury powietrza w kolejnych miesiącach okresu wegetacyjnego, trwającego od kwietnia do października.

Na podstawie pomiarów temperatury powietrza prowadzonych na stacji meteorologicznej w Zamościu przedstawiono zmiany temperatury w latach 1976-2020. Głównym celem pracy było wyznaczenie kierunku tych zmian, ze szczególnym uwzględnieniem okresu wegetacyjnego.

W okresie wegetacji w Zamościu w latach 1976-2020 średnia temperatura powietrza wynosiła 14,1ºC, a odchylenie standardowe S = 1,8ºC. Najcieplejszy był lipiec ze średnią temperaturą 18,9ºC, a najchłodniejszy październik 8,4ºC (S = 1,6).

W przebiegu średniej wartości temperatury w okresie wegetacji w latach 1976-2020 można wyznaczyć dwa okresy. Pierwszy przypadający na lata 1976-2000 i drugi 2001-2020. Okres 1976-2000 był zdecydowanie chłodniejszy, wówczas średnia temperatura powietrza rzadko (dokładnie 4 razy w latach 1983, 1994, 1999 i 2000) przekraczała wartość 14,0ºC. W drugim okresie (2001-2020) średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji była znacznie wyższa i 15-krotnie przekraczała lub była równa 15ºC, a w latach 2006 i 2018 zbliżała się do 17ºC.

Do roku 2000 tylko w dwóch przypadkach temperatura powietrza najcieplejszego miesiąca przekroczyła wartość 20ºC, było to w sierpniu 1992 roku – 20,7ºC i w lipcu 1994 roku 20,4ºC.

W XXI wieku odnotowano 24 miesiące z temperaturą powyżej 20ºC, w tym w trzech miesiącach średnia wartość temperatury powietrza przekroczyła 22ºC, były to: czerwiec i lipiec 2006 roku – odpowiednio: 22,8ºC i 23,3ºC oraz lipiec 2002 roku – 22,2ºC, a w czerwcu 2019 roku średnia temperatura powietrza wynosiła 22ºC.

Obserwowany przebieg temperatury powietrza w Zamościu na przestrzeni lat 1976–2020 wskazuje na wyraźny wzrost wartości tego elementu meteorologicznego. Wyższe wartości temperatury powietrza w okresie wegetacji oraz obserwowane mniejsze sumy opadów atmosferycznych prowadzą do częstszego, niż miało to miejsce w przeszłości, występowania niekorzystnych w rolnictwie zjawisk suszy i postępującego stepowienia tego obszaru.

SŁOWA KLUCZOWE | zmiany klimatu, temperatura powietrza, okres wegetacyjny
KEYWORDS | climate change, air temperature, growing season

[1] Dr hab. Andrzej Samborski, Akademia Zamojska, andrzej.samborski@akademiazamojska.edu.pl, +48 790 897 097

P.9

Dekarbonizacja gospodarki Polski w kontekście UE – skutki dla gospodarki, rynku pracy i dochodów

Decarbonisation of the Polish economy in the EU context – implications for the economy, the labour market and incomes

Katarzyna Mazanek[1], Zuzanna Różańska[2], Jan Witajewski-Baltvilks[3]

Celem opracowania jest ocena skutków dekarbonizacji gospodarki Polski w perspektywie do 2050 roku na tle pozostałych państw Unii Europejskiej, ze szczególnym uwzględnieniem zmian makroekonomicznych, sektorowych oraz rynku pracy. Punktem wyjścia jest założenie, że tempo i koszty transformacji klimatycznej nie będą rozłożone równomiernie, ponieważ poszczególne gospodarki różnią się strukturą wytwarzania energii, poziomem emisyjności przemysłu oraz uzależnieniem od paliw kopalnych. Polska, jako kraj o relatywnie wysokim udziale sektorów emisyjnych, stanowi szczególnie interesujący przypadek badawczy.

Zakres opracowania obejmuje porównanie dwóch scenariuszy rozwoju. Pierwszy z nich zakłada stabilizację cen uprawnień do emisji po 2030 roku oraz wolniejsze tempo zmian strukturalnych. Drugi odpowiada ambitnej polityce klimatycznej prowadzącej do osiągnięcia neutralności klimatycznej w 2050 roku. Analiza została oparta na zintegrowanym systemie modeli CAKE, łączącym podejście makroekonomiczne z ujęciem sektorowym. Dzięki temu możliwe było jednoczesne uchwycenie wpływu polityki klimatycznej na produkt krajowy brutto, zatrudnienie, wynagrodzenia oraz przesunięcia pomiędzy gałęziami gospodarki.

Wyniki wskazują, że dekarbonizacja będzie dla Polski bardziej kosztowna niż przeciętnie dla całej Unii Europejskiej. Szacowany spadek PKB w długim okresie jest głębszy w Polsce niż średnio w UE, co wynika z większego znaczenia energetyki opartej na paliwach kopalnych oraz obecności energochłonnych sektorów przemysłowych. Jednocześnie transformacja wywoła silne zmiany na rynku pracy. Najbardziej dotkliwe spadki zatrudnienia dotyczą górnictwa i branż powiązanych, przy czym w Polsce proces ten ma szczególne znaczenie społeczne i regionalne, zwłaszcza dla obszarów silnie związanych z wydobyciem węgla. Równolegle obserwowany jest wzrost znaczenia usług oraz wybranych działów nowoczesnego przemysłu, co oznacza konieczność realokacji pracowników i dostosowania kompetencji.

Dekarbonizacja polskiej gospodarki jest procesem nieuniknionym, ale obciążonym wyższymi kosztami dostosowawczymi niż w wielu innych krajach UE. Jednocześnie może ona stworzyć warunki do modernizacji gospodarki, wzrostu innowacyjności i poprawy efektywności produkcji. Kluczowe znaczenie ma jednak odpowiednie zaprojektowanie polityk osłonowych, inwestycyjnych i regionalnych, tak aby ograniczyć społeczne koszty transformacji oraz zwiększyć zdolność gospodarki do wykorzystania nowych możliwości rozwojowych.

SŁOWA KLUCZOWE | dekarbonizacja, polityka klimatyczna, transformacja, rynek pracy, zmiany strukturalne, gospodarka

KEYWORDS | decarbonisation, climate policy, transition, labour market, structural changes, economy

[1] Katarzyna Mazanek, CAKE/KOBiZE, katarzyna.mazanek@kobize.pl, +48 602 227 855
[2] Zuzanna Różańska, CAKE/KOBiZE, zuzanna.rozanska@kobize.pl, +48 511 624 971
[3] Dr hab. Jan Witajewski-Baltvilks, jan.witajewski-baltvilks@kobize.pl, +48 608 441 264

P.10

Zintegrowany proces przygotowania i monitorowania Miejskich Planów Adaptacji: poradnik, lista kontrolna i system mMPA

Integrated process for the preparation and monitoring of Urban Adaptation Plans: guide, checklist and mMPA system

Klaudia Chruściel[1], Patrycja Gałązka[2], Olga Hałacz[3]

Celem opracowania jest przedstawienie zintegrowanego procesu wspierającego przygotowanie, ocenę oraz monitorowanie Miejskich Planów Adaptacji do zmian klimatu (MPA), opartego na trzech wzajemnie uzupełniających się narzędziach: poradniku metodycznym dla samorządów, liście kontrolnej oraz elektronicznym systemie monitoring Miejskich Planów Adaptacji (mMPA). Zaproponowane podejście stanowi odpowiedź na rosnące wymagania dotyczące jakości dokumentów związanych z adaptacją, ich zgodności z obowiązującymi regulacjami prawnymi oraz potrzeby uspójnienia raportowania działań adaptacyjnych na poziomie lokalnym, krajowym i unijnym.

Zakres tematyczny wskazanych powyżej produktów, obejmuje kluczowe etapy procesu opracowania, monitoringu i ewaluacji MPA, poczynając od inicjowania i realizacji zamówień publicznych, poprzez opracowanie i ocenę dokumentów, aż po monitorowanie wdrażania zaplanowanych działań adaptacyjnych.

W pierwszej części zaprezentowano poradnik Miejski Plan Adaptacji a zamówienia publiczne, którego celem jest wsparcie jednostek samorządu terytorialnego w prawidłowym przygotowaniu postępowań na opracowanie lub aktualizację MPA. Poradnik porządkuje zagadnienia związane z uwarunkowaniami prawnymi, szacowaniem wartości zamówienia, formułowaniem opisu przedmiotu zamówienia oraz kryteriów oceny ofert, a także zawiera przykładową Specyfikację Warunków Zamówienia.

Drugim elementem pakietu jest Lista kontrolna do weryfikacji i zatwierdzania MPA, opracowana na podstawie przepisów znowelizowanej ustawy Prawo ochrony środowiska, publikacji Komisji Europejskiej dotyczących metodyki opracowania planów adaptacji oraz wyników jakościowej analizy 11 wybranych MPA. Narzędzie to umożliwia kompleksową ocenę kompletności, spójności i poprawności dokumentów, wspierając tym samym proces ich opracowywania oraz opiniowania. Całość uzupełnia elektroniczny system mMPA, przeznaczony do gromadzenia, weryfikacji i analizowania Miejskich Planów Adaptacji oraz sprawozdań z realizacji działań adaptacyjnych, zapewniając przejrzystość danych i standaryzację ich raportowania.

Wyniki spotkań przeprowadzonych z udziałem interesariuszy, potwierdziły zasadność wdrażania zintegrowanego zestawu narzędzi wspierających proces przygotowania miejskich planów adaptacji. Ich zastosowanie pozwala usprawnić proces opracowywania MPA, zwiększyć jakość przygotowywanych dokumentów, ograniczyć ryzyko wystąpienia błędów formalnych oraz efektywnie monitorować postępy w realizacji działań adaptacyjnych. Wnioski z przeprowadzonych działań wskazują, że proponowane rozwiązania stanowią istotne wsparcie dla skutecznego zarządzania adaptacją do zmian klimatu w miastach, jednocześnie wzmacniając spójność działań administracji publicznej w tym obszarze.

SŁOWA KLUCZOWE | adaptacja do zmian klimatu, administracja publiczna, monitoring i ewaluacja dokumentów strategiczno-wdrożeniowych, zamówienia publiczne

KEYWORDS | climate change adaptation, public administration, monitoring and evaluation of strategic implementation documents, public procurement

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Opracowanie poradnika *Miejski Plan Adaptacji a zamówienia publiczne* oraz *Listy kontrolne do weryfikacji i zatwierdzania MPA* zostało sfinansowane w ramach zadania *Wspieranie procesu opracowana i aktualizacji Miejskich Planów Adaptacji do zmian klimatu w Polsce Wschodniej* zrealizowanego przez IOŚ-PIB na zlecenie Europejskiego Banku Inwestycyjnego w ramach EIB Advisory/JASPERS.

System elektroniczny monitoring Miejskich Planów Adaptacji (mMPA) został opracowany w ramach projektu pn.: *Baza wiedzy o zmianach klimatu i adaptacji do ich skutków oraz kanałów jej upowszechniania w kontekście zwiększania odporności gospodarki, środowiska i społeczeństwa na zmiany klimatu oraz przeciwdziałania i minimalizowania skutków nadzwyczajnych zagrożeń.* Rozbudowa systemu została zrealizowana w ramach projektu pn.: *Klimada 3.0 – dostęp do wiedzy i danych w zakresie zmian klimatu.* Bieżące funkcjonowanie systemu finansowane jest ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

[1] Mgr inż. Klaudia Chruściel, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, klaudia.chrusciel@ios.edu.pl, +48 794 256 608
[2] Mgr inż. Patrycja Gałązka, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, patrycja.galazka@ios.edu.pl, +48 797 524 602
[3] Mgr Olga Hałacz, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, olga.halacz@ios.edu.pl, +48 797 517 782

P.11

Ścieki bez granic – transgraniczne podejście do monitoringu i ograniczania mikrozanieczyszczeń w środowisku wodnym

Wastewater without borders: A transboundary approach to the monitoring and mitigation of micropollutants in aquatic enviroment

Katarzyna Malorna[1], Magdalena Zarębska[2], Ewa Sabura[3], Ewa Dresler[4], Natalia Stanek-Wandzel[5]

Problem obecności mikrozanieczyszczeń w ekosystemach wodnych staje się jednym z kluczowych wyzwań współczesnej inżynierii środowiska. Substancje takie jak farmaceutyki, związki per- i polifluoroalkilowe (PFAS) oraz metale i metaloidy, choć występują w niewielkich stężeniach, generują systematycznie narastające zagrożenie dla stabilności ekosystemów oraz ogólnej jakości zasobów wody. Głównym źródłem tych niebezpiecznych substancji w środowisku są ścieki komunalne oraz przemysłowe, które wprowadzane do odbiorników, stanowią bezpośrednią przyczynę zanieczyszczenia wód powierzchniowych w skali lokalnej i regionalnej. W regionach transgranicznych presja antropogeniczna ma charakter wspólny, zanieczyszczenia generowane po jednej stronie granicy bezpośrednio wpływają na stan ekologiczny wód u sąsiada. Wymusza to podjęcie ściśle skoordynowanych działań, które obejmują zarówno zaawansowany monitoring parametrów fizykochemicznych, jak i strategiczne zarządzanie zasobami wodnymi w duchu międzynarodowej współpracy. Odpowiedzią na te wyzwania są badania realizowane w ramach projektu Interreg Czechy–Polska „Ścieki bez granic – problem mikrozanieczyszczeń", we współpracy z Technická univerzita v Liberci, Instytutem Podstaw Inżynierii Środowiska PAN oraz Siecią Badawczą Łukasiewicz – Instytutem Chemii Surowców Odnawialnych.

Kluczowym elementem projektu jest całoroczny monitoring ścieków prowadzony w siedmiu oczyszczalniach po obu stronach granicy polsko-czeskiej. Próbki pobierane są regularnie, aby uwzględnić zmienność sezonową i zapewnić reprezentatywność danych. Analizie poddawane są wybrane grupy mikrozanieczyszczeń, których obecność jest szczególnie problematyczna dla procesów biologicznego oczyszczania. Wszystkie uzyskane w toku badań dane są gromadzone w ogólnodostępnej bazie danych. Równolegle do działań analitycznych, trwają intensywne prace nad opracowaniem zaawansowanych materiałów sorpcyjnych, które mogłyby w przyszłości zwiększyć efektywność usuwania mikrozanieczyszczeń na etapie oczyszczania ścieków. Dodatkowo prowadzone są szeroko zakrojone działania edukacyjne i popularyzatorskie, które podnoszą świadomość społeczną w zakresie źródeł emisji tych substancji oraz ich wpływu na zdrowie i przyrodę.

Dotychczasowe wyniki badań jednoznacznie potwierdzają powszechność występowania mikrozanieczyszczeń w systemach kanalizacyjnych. Skuteczna ochrona zasobów wodnych wymaga zatem podejścia wielotorowego. Konieczne jest nie tylko doskonalenie i wdrażanie nowoczesnych technologii separacji i usuwania tych związków, ale również dbanie o trwałość współpracy transgranicznej oraz systematyczne prowadzenie kampanii informacyjnych, które realnie przyczynią się do ograniczania emisji szkodliwych substancji u źródła.

SŁOWA KLUCZOWE | mikrozanieczyszczenia, farmaceutyki, metale ciężkie, PFAS, ścieki, monitoring środowiskowy, adsorbenty

SŁOWA KLUCZOWE | micropollutants, pharmaceuticals, heavy metals, PFAS, wastewater, enviromental monitoring, adsorbents

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Ścieki bez granic – problem mikrozanieczyszczeń; CZ.11.01.02/00/23_011/0000164, Interreg CZ-PL 2021–2027.

[1] Mgr inż. Katarzyna Malorna, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, katarzyna.malorna@icso.lukasiewicz.gov.pl, +48 774873314
[2] Dr inż. Magdalena Zarębska, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, magdalena.zarebska@icso.lukasiewicz.gov.pl, +48 774873552
[3] Dr Ewa Sabura, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, ewa.sabura@icso.lukasiewicz.gov.pl, +48 774873192
[4] Dr Ewa Dresler, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, ewa.dresler@icso.lukasiewicz.gov.pl, +48 774873477
[5] Dr Natalia Stanek-Wandzel, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, natalia.stanek@icso.lukasiewicz.gov.pl, +48 774873567

P.12

Oczyszczalnie ścieków jako źródło emisji farmaceutyków: Czy systemy oczyszczania chronią nasze rzeki?

Wastewater treatment plants as a source of pharmaceutical emissions: Do wastewater treatment systems protect our rivers?

Paulina Chaber-Jarlachowicz[1], Barbara Gworek [2], Radosław Kalinowski[3]

Niekontrolowane przedostawanie się substancji farmaceutycznych do środowiska stanowi istotny problem, ponieważ związki te trafiają do wód powierzchniowych wraz ze ściekami komunalnymi i przemysłowymi odprowadzonymi z oczyszczalni ścieków. Dotychczasowe badania wskazują, że większość oczyszczalni wykorzystujących procesy mechaniczno-biologiczne oparte na konwencjonalnym osadzie czynnym (CAS) nie jest w stanie skutecznie usuwać tych związków.

Skuteczność usuwania, emisja oraz ocena ryzyka związanego z obecnością substancji farmaceutycznych w ściekach są szeroko analizowane w badaniach prowadzonych na świecie, jednak liczba publikacji dotyczących tego zagadnienia w warunkach polskich pozostaje ograniczona.

Celem niniejszego badania było oszacowanie emisji substancji farmaceutycznych oraz określenie skuteczności ich usuwania podczas mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków w komunalnych oczyszczalniach wykorzystujących technologię konwencjonalnego osadu czynnego (CAS). Uzyskane wyniki stężeń substancji farmaceutycznych w ściekach oczyszczonych posłużyły następnie do oceny potencjalnego ryzyka dla organizmów wodnych.

Próbki pobrano z oczyszczalni ścieków obsługujących duże i średnie aglomeracje miejskie, a ocenę skuteczności usuwania przeprowadzono na podstawie bilansu masowego substancji farmaceutycznych w ściekach dopływających, odpływających oraz w osadzie ściekowym.

Postawiono hipotezę badawczą, zgodnie z którą konwencjonalne komunalne oczyszczalnie ścieków obsługujące duże i średnie aglomeracje miejskie są niewystarczająco skuteczne w usuwaniu farmaceutyków ze ścieków.

Stężenia substancji farmaceutycznych w ściekach i osadach ściekowych oznaczono metodą LC-MS/MS. Skuteczność oczyszczania oceniono na podstawie bilansu masowego farmaceutyków w dopływie i odpływie ścieków oraz osadzie ściekowym. Potencjalne ryzyko dla środowiska wodnego oszacowano na podstawie wskaźnika ryzyka ekologicznego (ERA).

Wyniki badania wykazały, że miejskie oczyszczalnie ścieków są źródłem przedostawania się substancji farmaceutycznych do środowiska. Stwierdzono, że konwencjonalne procesy oczyszczania mechaniczno-biologicznego (CAS) są nieskuteczne w usuwaniu tych substancji ze ścieków. Przedostawanie się substancji farmaceutycznych do środowiska wodnego wraz ze ściekami stanowi poważne zagrożenie dla organizmów wodnych.

SŁOWA KLUCZOWE | farmaceutyki, ścieki, osady ściekowe, oczyszczalnie ścieków
KEYWORDS | pharmaceuticals, wastewater, sewage sludge, wastewater treatment plants

[1] Dr Paulina Chaber-Jarlachowicz, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, paulina.chaber-jarlachowicz@ios.edu.pl, +48 22 3750 587
[2] Prof. dr hab. inż. Barbara Gworek, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, barbara.gworek@ios.edu.pl
[3] Dr Radosław Kalinowski, RADIKAL Science Consultancy, kontakt@radoslawkalinowski.pl

P.13

Zastosowanie dronów w zielonych sektorach i gospodarce cyfrowej – projekt DRONES360

Integrating Drones into Green and Digital Sectors: Insights from the DRONES360 Project

Paweł Wowkonowicz[1]

Projekt DRONES360 koncentruje się na wspieraniu innowacji oraz lepszego dopasowania kompetencji do potrzeb zielonych sektorów i gospodarki cyfrowej poprzez integrację nowoczesnych technologii, takich jak drony, rzeczywistość rozszerzona (AR) i wirtualna (VR), w systemie kształcenia i szkolenia zawodowego (VET).

Celem projektu jest zwiększenie odporności i zdolności adaptacyjnych systemu VET wobec dynamicznych zmian rynku pracy oraz przygotowanie kadry dydaktycznej i uczniów do funkcjonowania w warunkach transformacji cyfrowej i zielonej.

Zakres projektu obejmuje opracowanie i wdrożenie kompleksowego modelu kształcenia, bazującego na metodologii ECVET (*European Credit System for Vocational Education and Training*) oraz mikrokwalifikacji (*micro-credentials*). W ramach projektu realizowane są następujące działania: opracowanie ram kompetencji, przygotowanie materiałów dydaktycznych oraz rozwój narzędzi cyfrowych, w tym platformy e-learningowej i symulacji VR/AR odwzorowujących rzeczywiste zastosowania dronów w zielonych sektorach. Istotnym elementem jest również współpraca międzynarodowa oraz mapowanie potrzeb rynku pracy i dobrych praktyk w zakresie wykorzystania technologii dronowych.

Wyniki projektu obejmują szereg innowacyjnych narzędzi edukacyjnych, takich jak:

- interaktywna mapa prezentująca dobre praktyki i zastosowania technologii dronów w UE, ze szczególnym uwzględnieniem zielonych sektorów,
- seria podcastów dotyczących zastosowań dronów (np. w Polsce swoimi doświadczeniami dzielą się eksperci z Lasów Państwowych oraz Straży Pożarnej),
- infografiki oparte na wizytach studyjnych i podcastach,
- panorama zawodów w zielonych sektorach UE,
- e-podręcznik przedstawiający informacje niezbędne do uzyskania certyfikatu pilota drona wraz z serią dedykowanych webinarów,
- interaktywna platforma szkoleniowa: https://academy.drones360.eu

Ponadto w ramach projektu organizowane są szkolenia podnoszące kwalifikacje nauczycieli VET oraz warsztaty dla studentów VET, konkurs Hackathon dla studentów oraz szereg spotkań upowszechniających.

Podsumowując, projekt DRONES360 stanowi odpowiedź na wyzwania współczesnego rynku pracy, integrując edukację zawodową z nowoczesnymi technologiami oraz wymaganiami zielonej gospodarki. Realizacja rezultatów projektu promuje podnoszenie jakości kształcenia w obszarze VET, wzmacnia rozwój zielonych i cyfrowych kompetencji oraz intensyfikuje współpracę pomiędzy edukacją a rynkiem pracy. W dłuższej perspektywie działania te przyczyniają się do wspierania zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego.

Więcej informacji znajduje się na stronie projektu DRONES360: https://drones360.eu

SŁOWA KLUCZOWE | drony, zielone sektory, kształcenie i szkolnictwo zawodowe, VET, BSP, monitoring środowiska, symulacje VR

KEYWORDS | drones, UAV, VR simulation, environmental monitoring, VET, green sectors

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Projekt DRONES360 - Fostering innovation and better skills match with the green and digital sectors through the integration of emerging technologies (DRONES, VR, AR) in VET jest finansowany przez Unię Europejską, w ramach. programu Erasmus+, Partnerstwa na rzecz współpracy w kształceniu i szkoleniu zawodowym (VET). Wyrażone poglądy i opinie są jednak wyłącznie poglądami i opiniami autora (autorów) i nie muszą odzwierciedlać poglądów Unii Europejskiej lub Fundacji Rozwoju Systemu Edukacji (FRSE). Ani Unia Europejska, ani FRSE nie ponoszą za nie odpowiedzialności. Numer projektu DRONES360: 2024-1-PL01-KA220-VET-000247866.

[1] Dr inż. Paweł Wowkonowicz, Zakład Chemii Środowiska i Oceny Ryzyka Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, pawel.wowkonowicz@ios.edu.pl, +48 22 3750 534

P.14

Model decyzyjny – przeciwdziałanie zmianie klimatu przez małe i średnie miasta w Polsce

Micropollutants, pharmaceuticals, heavy metals, PFAS, wastewater, enviromental monitoring, adsorbents

Bernard Swoczyna[1]

Powstrzymanie antropogenicznej zmiany klimatu jest jednym z najważniejszych zagadnień ochrony środowiska. Wymaga działań zarówno na poziomie globalnym, jak i krajowym oraz lokalnym. Zgodnie jednak z obowiązującym w Polsce prawem dotyczącym ochrony środowiska i roli władz lokalnych, samorządy lokalne, w tym małe i średnie miasta, nie mają obowiązku prowadzenia tego typu działań. Dzieje się tak pomimo faktu, że codziennie podejmowane są w nich decyzje, których konsekwencje wpływają na wielkość emisji gazów cieplarnianych.

W ramach opisanych badań przeanalizowano, jakie czynniki wpływają na decyzje władz małych i średnich miast w Polsce (miasta liczące do 100 tys. mieszkańców) dotyczących wdrażania działań wspierających ochronę klimatu. Celem pracy była próba stworzenia modelu decyzyjnego wspierającego małe i średnie miasta w Polsce w działaniach na rzecz ochrony klimatu. Badania obejmowały analizę dokumentów, ankiety i wywiady strukturyzowane przeprowadzane na reprezentatywnej próbie małych i średnich miast w Polsce. W badaniach pochylono się m.in. nad decyzjami z obszaru gospodarowania energią, rozwoju odnawialnych źródeł energii (OZE), transportu i wsparcia mieszkańców w ich własnych działaniach na rzecz dekarbonizacji.

Otrzymane wyniki wskazują, że podstawowym czynnikiem decydującym o podejmowaniu takich działań jest efektywność ekonomiczna, uwzględniająca zarówno bezpośrednie korzyści (np. oszczędność kosztów energii), jak i możliwość pozyskania zewnętrznego dofinansowania. Ten czynnik został wskazany przy okazji wielu decyzji jako determinujący zarówno w ankietach, jak i w wywiadach, decydując również o działaniach realizujących inne priorytety. Istotne znaczenie dla wielu miast ma również świadomość klimatyczna lokalnych liderów i dążenie do budowy lokalnej suwerenności energetycznej. Stwierdzono także, że aktywność i oczekiwania mieszkańców pełnią zdecydowanie mniej istotną rolę. Niski poziom wiedzy i świadomości klimatycznej został również zidentyfikowany jako istotny czynnik wpływający na podejmowane decyzje. Możliwą ścieżką intensyfikacji działań na rzecz przeciwdziałania zmianie klimatu może być lepsza współpraca z władzami wyższymi, w szczególności lepiej dopasowana oferta obejmująca zarówno wsparcie finansowe, jak i szkoleniowe.

SŁOWA KLUCZOWE | miasta, samorządy, polityka klimatyczna, ochrona klimatu, decyzje
KEYWORDS | towns, local governments, climate policy, climate change, decisions

[1] Mgr inż. Bernard Swoczyna, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, bernard_swoczyna@sggw.edu.pl

P.15

Ocena ryzyka ekologicznego gleb zanieczyszczonych przemysłowo w oparciu o model TRIAD

Environmental risk assessment of industrially contaminated soils based on the TRIAD model

Aneta H. Baczewska-Dąbrowska[1], Barbara Gworek[2], Radosław Kalinowski[3], Ewa Górska[4], Wojciech Dmuchowski[5]

Celem badań była ocena ryzyka ekologicznego obszarów gleb zdegradowanych chemicznie przez przemysł petrochemiczny (związki BTEX i WWA) oraz górniczo-hutniczy przemysł cynkowo-ołowiowy (metale ciężkie: Zn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb). Do realizacji obu celów zastosowano wieloetapową procedurę TRIAD, uwzględniającą różne linie dowodowe.

Zakres badań obejmował fizykochemiczne analizy gleb (BTEX, WWA, metale ciężkie), testy fitotoksyczności z wykorzystaniem rzeżuchy (*Lepidium sativum*), gorczycy (*Sinapis alba*) i sorga (*Sorghum saccharatum*), a także ocenę fauny glebowej z zastosowaniem skoczogonków (*Collembola*) jako biowskaźników. W przypadku obszaru górniczo-hutniczego zakres obejmował dodatkowo analizę grup troficznych mikroorganizmów (bakterie oligotroficzne i kopiotroficzne). Przestrzenną analizę ryzyka przeprowadzono z użyciem programu SADA. Badania prowadzono w dwóch lokalizacjach: w zakładzie petrochemicznym na południu Polski (5 punktów i 2 referencyjne) oraz w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym, w strefie oddziaływania wydobycia rud cynkowo-ołowiowych (7 punktów i 1 referencyjny).

Wyniki analiz chemicznych wykazały istotne zróżnicowanie przestrzenne zanieczyszczenia gleb w obu obszarach. Na terenie zakładu petrochemicznego suma BTEX osiągnęła 0,732 $mg \cdot kg^{-1}$ (działka nr 1) i 1,660 $mg \cdot kg^{-1}$ (działka nr 5), a suma WWA – 11,158 $mg \cdot kg^{-1}$ (działka nr 1). Mimo zgodności z normami krajowymi, analiza według standardów EPA i holenderskich wartości interwencyjnych wykazała przekroczenia dla benzenu, etylbenzenu, toluenu, antracenu, benzo(a)pirenu i sumy WWA, wskazując na realne ryzyko ekologiczne nieidentyfikowalne przy zastosowaniu wyłącznie krajowych kryteriów. W obszarze górniczo-hutniczym zawartość cynku wyniosła do 3000 $mg \cdot kg^{-1}$, kadmu – do 14,1 $mg \cdot kg^{-1}$, natomiast ołów przekraczał 100 $mg \cdot kg^{-1}$ na wszystkich stanowiskach poza referencyjnym. Testy fitotoksyczności wykazały dominującą stymulację elongacji korzeni roślin w stosunku do gleby OECD, przypisywaną wyższej zasobności naturalnych gleb w substancje biogenne; wyjątek stanowiła gorczyca (*Sinapis alba*) z wyraźnym hamowaniem wzrostu korzeni na glebach silnie zanieczyszczonych. Analiza *Collembola* ujawniła negatywną korelację między zawartością metali a liczebnością fauny glebowej oraz pozytywną korelację gatunku *Isotomiella minor* ze stężeniami toluenu i sumy WWA ($r = 1,00$ i $r = 0,91$), wskazując na jego potencjalne znaczenie biowskaźnikowe.

Przeprowadzone badania potwierdziły dużą przydatność wieloetapowej procedury TRIAD w ocenie ryzyka ekologicznego gleb zanieczyszczonych przemysłowo. Zintegrowanie analiz chemicznych, testów ekotoksykologicznych oraz oceny bioty glebowej, wsparte przestrzenną analizą SADA, umożliwiło precyzyjną identyfikację stref wysokiego ryzyka ekologicznego wymagających działań remediacyjnych. Wybór strategii rekultywacji powinien uwzględniać lokalne uwarunkowania środowiskowe, nie zaś być dyktowany wyłącznie dążeniem do spełnienia standardowych norm jakości gleby.

SŁOWA KLUCZOWE | ocena ryzyka ekologicznego (ERA), procedura TRIAD, SADA, zanieczyszczenie przemysłowe
KEYWORDS | Environmental Risk Assessment (ERA), TRIAD procedure, SADA, industrial pollution

[1] Dr Aneta Helena Baczewska-Dąbrowska, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, aneta.baczewska@ios.edu.pl, +48 22 3750527
[2] Prof. dr. hab. inż. Barbara Gworek, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, barbara.gworek@ios.edu.pl, +48 22 3750503
[3] Dr Radosław Kalinowski, RADICAL Science Consultancy, kontakt@radoslawkalinowski.pl, +48 502028092
[4] Dr hab. inż., prof. nadzw. Ewa Górska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ewa_gorska@sggw.edu.pl, +48 22 5932637
[5] Dr hab., prof. nadzw. Wojciech Dmuchowski, wojciech.dmuchowski@ios.edu.pl, +48 22 3750550

P.16

Nowe regulacje w gospodarce ściekowej a mikrozanieczyszczenia: wyzwania i znaczenie współpracy transgranicznej

New regulations in wastewater management regarding micropollutants: challenges and the importance of cross-border cooperation

Agnieszka Dzieniszewska[1], Magdalena Pająk[2], Justyna Czupioł[3], Katarzyna Grygoyć[4]

W ostatnich latach mikrozanieczyszczenia organiczne, w tym farmaceutyki oraz substancje poli- i perfluoroalkilowe (PFAS), zyskały szczególną uwagę jako istotne zagrożenie dla środowiska wodnego oraz zdrowia publicznego. Związki te, ze względu na swoją trwałość, mobilność oraz aktywność biologiczną, mogą kumulować się w ekosystemach i przedostawać się do łańcucha pokarmowego. Ich obecność w wodach powierzchniowych i podziemnych stanowi wyzwanie zarówno dla ochrony środowiska, jak i bezpieczeństwa zasobów wody przeznaczonej do spożycia. W odpowiedzi na rosnącą presję środowiskową i społeczną Unia Europejska wprowadza nowe oraz aktualizuje istniejące regulacje dotyczące jakości wód i oczyszczania ścieków, w tym rewizję dyrektywy dotyczącej oczyszczania ścieków komunalnych, aktualizację ramowej dyrektywy wodnej oraz rozszerzenie list substancji priorytetowych, w tym tzw. emerging contaminants.

Celem pracy jest przedstawienie aktualnych wyzwań związanych z obecnością mikrozanieczyszczeń w ściekach oraz analiza znaczenia współpracy transgranicznej w kontekście dostosowania systemów oczyszczania ścieków do zmieniających się regulacji europejskich.

Analiza dostępnych danych literaturowych i dokumentów regulacyjnych wskazuje, że tradycyjne systemy oczyszczania ścieków nie są w pełni przystosowane do skutecznego usuwania mikrozanieczyszczeń organicznych, co stawia przed sektorem gospodarki wodno-ściekowej istotne wyzwania technologiczne, organizacyjne i ekonomiczne. Wprowadzane regulacje europejskie zakładają m.in. obowiązek stosowania bardziej zaawansowanych, wielostopniowych technologii oczyszczania ścieków, zwiększenie zakresu i częstotliwości monitoringu oraz wdrażanie podejścia opartego na ocenie ryzyka. Zmiany te mają na celu ograniczenie emisji mikrozanieczyszczeń do środowiska oraz poprawę jakości wód w skali regionalnej i europejskiej.

Rozwiązanie problemu mikrozanieczyszczeń w środowisku wymaga nie tylko rozwoju technologii oczyszczania ścieków, ale również wdrażania skoordynowanych działań na poziomie regionalnym i międzynarodowym. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabiera współpraca transgraniczna, zwłaszcza w regionach o wspólnych zasobach wodnych, gdzie skuteczna ochrona środowiska wymaga spójnych strategii zarządzania. Wymiana wiedzy i doświadczeń, harmonizacja podejść do monitoringu oraz wspólne poszukiwanie efektywnych rozwiązań technologicznych mogą istotnie wspierać proces dostosowania do nowych wymogów prawnych, a także przyczyniać się do poprawy jakości wód.

SŁOWA KLUCZOWE | mikrozanieczyszczenia, oczyszczanie ścieków, regulacje europejskie, współpraca transgraniczna

KEYWORDS | micropollutants, wastewater treatment, European Union regulations, cross-border cooperation

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Praca ta została przygotowana w ramach projektu „Ścieki bez granic – problem mikrozanieczyszczeń" finansowanego ze środków programu Interreg Czechy-Polska 2021-2027 (CZ.11.01.02/00/23_011/0000164).

1 Dr inż. Agnieszka Dzieniszewska, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, agnieszka.dzieniszewska@ipispan.edu.pl, +48 32 271 64 81
2 Dr Magdalena Pająk, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, magdalena.pajak@ipispan.edu.pl, +48 32 271 64 81
3 Mgr inż. Justyna Czupioł, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, justyna.czupiol@ipispan.edu.pl, +48 32 271 64 81
4 Dr Katarzyna Grygoyć, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, katarzyna.grygoyc@ipispan.edu.pl, +48 32 271 64 81

P.17

Bisphenol mixtures: unseen threats to aquatic life

Marlena Szumska[1], Aleksandra Bogusz[2], Magdalena Trzcińska[3], Beata Tomczyk[4], Radosław Walkowiak[5], Anna Dworak[6], Iwona Bartosiewicz[7]

Bisphenols are a phenolic, organic, synthetic compounds widely used as additives or monomers for production polycarbonate plastics and epoxy resins in numerous industries. They are commonly found in plastics: food packaging materials, personal care products, synthetic textiles, medical devices, toys, electronics, protective coverings, and thermal paper. They are ubiquitously present throughout the world's natural environment including water. While individual compounds such as BPA have been extensively studied, environmental exposure typically involves complex mixtures of multiple bisphenols and their analogues. These mixtures can interact in unpredictable ways, potentially enhancing toxicity compared to single compounds. Aquatic ecosystems are particularly vulnerable to bisphenols. Even at low concentrations, these substances can disrupt endocrine systems, causing dysfunctions in thyroid hormone regulation, enzyme activity, cell and chromosomal abnormalities, affecting reproduction, cell functions (proliferation, differentiation, death), and impairing development in aquatic organisms [1]. Understanding the combined effects of bisphenol mixtures is therefore crucial for accurate environmental risk assessment and for developing more effective strategies to protect aquatic life.

The aim of the PARC project was to assess the toxicity of both individual bisphenols and their mixtures. First, endpoints (EC_{50} value) for individual bisphenols were determined. Next, two equipotential mixtures were composed: BPA, BPS, BPAF, BPF (Mixture 1), BPE, BPC, BPPH, BPS-MAE (Mixture 2). The concentrations of bisphenols in the mixture were selected according to the Concentration Addition CA concept presented by Backhaus and Faust [2]. Each bisphenol was taken in a concentration one-quarter of the EC_{50} value for separate bisphenol, diluted, mixed and then tested. Four ecotoxicity tests were used to assess the toxicity of mixtures: OECD 201 „*Raphidocelis subcapitata growth inhibition test*"; OECD 202 „*Daphnia magna acute immobilization test*"; OECD 221 „*Lemna minor growth inhibition test*" and „*Aliivibrio fischeri bioluminescence inhibition test*" (81.9% Basic test, Microtox®500 system Standard Manufacturer's Test Procedure).

The EC_{50} results obtained from the study showed varying sensitivity of indicator organisms to bisphenols: both to single bisphenols and their mixtures. The most toxic single bisphenols are: BPAF > BPC > BPE > BPA, while the lowest toxicity showed: BPS, BPS-MAE, and BPPH. The toxicity of Mixture 1 was ranked in the following order: *A. fischeri* (3.42 mg/L) > *D. magna* (36.06 mg/L) > *L. minor* (>51.00 mg/L) > *R. subcapitata* (52.64 mg/L), while that of Mixture 2: *R. subcapitata* (7.32 mg/L) > *D. magna* (11.06 mg/L) > *A. fischeri* (48.54 mg/L) > *L. minor* (>57.75 mg/L). The geometric average toxicity of both mixtures was similar, although Mixture 2 (21.82 mg/L) was slightly more toxic than Mixture 1 (23.99 mg/L).

[1] Loganathan P. et al. 2023. Bisphenols in water: Occurrence, effect, and migration strategies. Chemosphere 328: 138560 https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138560

[2] Backhaus T, Faust M. 2012. Predictive Environmental risk assessment of chemical mixtures: A conceptual framework. Environ Sci Technol. 46(5):2564-73. doi: 10.1021/es2034125.

KEYWORDS | bisphenols, bisphenol mixtures, toxicity assessment, aquatic organisms

FUNDING SOURCE

Partnership for Assessment of Risk from Chemicals (PARC) – this project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under Grant Agreement No 101057014.

1 Dr Marlena Szumska, Laboratory of Ecotoxicology, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, marlena.szumska@ios.edu.pl, (+48) 22 37 50 637

2 Dr Aleksandra Bogusz, Laboratory of Ecotoxicology, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, aleksandra.bogusz@ios.edu.pl, (+48) 22 37 50 638

3 Mgr inż. Magdalena Trzcińska, Laboratory of Ecotoxicology, Institute of Environmental Protection – National Research Institute magdalena.trzcinska@ios.edu.pl, (+48) 22 37 50 646

4 Mgr inż. Beata Tomczyk, Laboratory of Ecotoxicology, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, beata.tomczyk@ios.edu.pl, (+48) 22 37 50 645

5 Mgr Radosław Walkowiak, Laboratory of Ecotoxicology, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, radoslaw.walkowiak@ios.edu.pl, (+48) 22 37 50 647

6 Dr inż. Anna Dworak, Laboratory of Ecotoxicology, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, anna.dworak@ios.edu.pl, (+48) 22 37 50 639

7 Dr inż. Iwona Bartosiewicz, Laboratory of Ecotoxicology, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, iwona.batosiewicz@ios.edu.pl, (+48) 22 37 50 611

P.18

Ocena podatności na biodegradację smarów przemysłowych z wykorzystaniem mikrobiomu miejskiej i przemysłowej oczyszczalni ścieków

Assessment of biodegradability of industrial lubricants using the microbiome of a municipal and industrial wastewater treatment plant

Paulina Wnuk[1], Hanna Studnik[2]

Ocena podatności na biodegradację stanowi jedno z kluczowych kryteriów środowiskowych uwzględnianych w projektowaniu nowoczesnych, proekologicznych formulacji smarów przemysłowych. Smary tego typu wytwarzane są głównie na bazie olejów pochodzenia naturalnego, co sprzyja ich większej podatności na biodegradację oraz ogranicza ich długotrwałe oddziaływanie na środowisko. W obliczu rosnących wymagań regulacyjnych i dążenia do wdrażania zasad gospodarki o obiegu zamkniętym rozwój biodegradowalnych środków smarowych nabiera szczególnego znaczenia.

W pracy omówiono proces biodegradacji oraz czynniki determinujące jego przebieg, związane zarówno z właściwościami chemicznymi badanych substancji, jak i warunkami eksperymentalnymi. Podjęto również próbę oceny różnic w stopniu biodegradacji dwóch formulacji smarowych z wykorzystaniem mikroorganizmów pochodzących z miejskiej i przemysłowej oczyszczalni ścieków.

Do oceny biodegradacji zastosowano zmodyfikowaną metodę respirometryczną opartą na wytycznych OECD 301F, która umożliwia określenie stopnia rozkładu na podstawie pomiaru zużycia tlenu przez mikroorganizmy w kontrolowanych warunkach eksperymentalnych. Metoda ta należy do najczęściej stosowanych podejść w badaniach biodegradowalności substancji organicznych w środowisku wodnym.

Przedstawiono wyniki badań porównawczych oraz przeanalizowano czynniki wpływające na aktywność specyficznych społeczności mikroorganizmów w procesach degradacji smarów. Uzyskane rezultaty mogą stanowić cenną wskazówkę przy projektowaniu formulacji o zwiększonej podatności na biodegradację.

SŁOWA KLUCZOWE | biodegradacja, mikroorganizmy, smary przemysłowe
KEYWORDS | biodegradation, microorganisms, industrial lubricants

[1] Mgr inż. Paulina Wnuk, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, paulina.wnuk@icso.lukasiewicz.gov.pl, +48 77 487 35 1
[2] Dr Hanna Studnik, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, hanna.studnik@icso.lukasiewicz.gov.pl, +48 77 487 35 17

P.19

The Impact of Lowering Beef Production in the EU on Global Greenhouse Gas Emissions

Paweł Kobus[1], Adam Wąs[2]

Reducing beef production in the European Union is often presented as a way to lower agricultural greenhouse gas emissions. However, if global demand for beef remains unchanged, a regional decline in EU production may be offset by increased production in other exporting countries. This study assesses whether reducing beef production in the EU would lead to a real decrease in global greenhouse gas emissions or whether, through the relocation of production to countries with higher emission intensities, it could instead result in an increase in global greenhouse gas emissions.

The analysis compares greenhouse gas emission intensities of beef production in the EU with those of major global exporters, including Brazil, Argentina, India, the United States and Australia. Data on beef and buffalo meat production and exports were obtained from the FAOSTAT database, while direct and total emission intensities were estimated using FAO's Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM). The scenario analysis assumes that a reduction in EU beef production, without changes in consumer preferences, is proportionally reallocated to the main beef-exporting countries. It is further assumed that additional production in these countries has the same emission intensity as their current production systems.

The results indicate that EU beef production is characterised by relatively lower greenhouse gas emission intensity than production in several countries that could fill the resulting supply gap. Particularly high emission intensities are observed in systems where extensive grazing and land-use change play an important role. In the scenario in which EU beef production is reduced by 50% and replaced by production in major exporting countries, global net greenhouse gas emissions increase by an estimated 74.4 Mt CO_2-eq. This suggests that a regional reduction in emissions within the EU may be more than offset by higher emissions in countries to which production is shifted.

The study highlights the risk of emission leakage in agricultural climate policy. For globally traded commodities with stable demand, such as beef, production-based regional mitigation targets may produce unintended global effects if they are not accompanied by international coordination. The findings suggest that climate strategies in the livestock sector should focus not only on reducing production in selected regions, but also on lowering emission intensities, supporting more efficient production systems, and accounting for trade-related displacement effects.

KEYWORDS | beef production, greenhouse gas emissions, European Union, international trade, carbon footprint, emission leakage

FUNDING

This research was funded by the National Science Centre, Poland, under the OPUS 22 project no. UMO-2021/43/B/HS4/02367, „Zrównoważona intensyfikacja w rolnictwie jako droga do ekoefektywnego sektora rolnictwa w kontekście nadchodzących wyzwań społecznych i środowiskowych" (English title: "Sustainable intensification in agriculture as a pathway towards an eco-efficient agricultural sector in the context of forthcoming social and environmental challenges.").

[1] Dr hab. inż. Paweł Kobus, Institute of Economics and Finance, Warsaw University of Life Sciences, pawel_kobus@sggw.edu.pl
[2] Dr hab. Adam Wąs, prof. SGGW, Institute of Economics and Finance, Warsaw University of Life Sciences, adam_was@sggw.edu.pl

P.20

Pierwiastki krytyczne w obiegu zamkniętym – rola zrównoważonych materiałów mineralnych i biosorbentów w odzysku metali z roztworów wodnych

Critical Raw Materials in the Circular Economy – The Role of Sustainable Mineral Materials and Biosorbents in Metal Recovery from Aqueous Solutions

Magdalena Pająk[1], Agnieszka Dzieniszewska[2]

Wraz z postępującą transformacją energetyczną i cyfrową systematycznie wzrasta zapotrzebowanie na pierwiastki krytyczne, takie jak kobalt i nikiel, wykorzystywane m.in. w produkcji akumulatorów litowo-jonowych, elektroniki oraz technologii niskoemisyjnych. Ograniczona dostępność złóż pierwotnych, rosnące koszty wydobycia oraz silna koncentracja geograficzna łańcuchów dostaw powodują konieczność rozwoju alternatywnych metod pozyskiwania surowców. W tym kontekście odzysk metali z roztworów wodnych i poprocesowych staje się jednym z istotnych elementów gospodarki o obiegu zamkniętym oraz działań na rzecz bezpieczeństwa surowcowego.

Celem opracowania jest przedstawienie możliwości wykorzystania zrównoważonych materiałów mineralnych i biosorbentów w procesach odzysku wybranych pierwiastków krytycznych z roztworów wodnych. Zakres posteru obejmuje przegląd literatury dotyczącej zastosowania materiałów adsorpcyjnych, takich jak naturalne i syntetyczne zeolity, chitozan oraz alginiany modyfikowane, w procesach adsorpcji i desorpcji jonów metali. Omówiono znaczenie właściwości fizykochemicznych adsorbentów, ich pojemności adsorpcyjnej, selektywności wiązania jonów oraz możliwości regeneracji i ponownego wykorzystania w kolejnych cyklach adsorpcja–desorpcja.

Analiza dostępnych danych literaturowych wskazuje, że materiały mineralne i biosorbenty charakteryzują się wysokim potencjałem w zakresie odzysku jonów metali z roztworów modelowych i rzeczywistych, przy jednoczesnym ograniczeniu wpływu na środowisko. Szczególnie istotna jest możliwość regeneracji adsorbentów i odzyskiwania metali, co wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym oraz rozwoju technologii typu *circular recovery*.

Przedstawione zagadnienie podkreśla znaczenie zrównoważonych materiałów adsorpcyjnych w projektowaniu bardziej efektywnych i przyjaznych środowisku technologii odzysku surowców krytycznych. Rozwiązania tego typu mogą w przyszłości stanowić ważny element wspierający transformację w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym

SŁOWA KLUCZOWE | pierwiastki krytyczne, zeolity, chitozan, alginiany, adsorpcja
KEYWORDS | critical raw materials, zeolites, chitosan, alginates, adsorption

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Badania finansowane w ramach działalności statutowej Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk w Zabrzu, projekt nr 1a-159/26 pt. „Pierwiastki krytyczne w obiegu zamkniętym – rola zrównoważonych materiałów mineralnych i biosorbentów w ich odzysku z roztworów wodnych”.

[1] Dr Magdalena Pająk, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, magdalena.pajak@ipispan.edu.pl, +48 32 271 64 81
[2] Dr inż. Agnieszka Dzieniszewska, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, agnieszka.dzieniszewska@ipispan.edu.pl, +48 32 271 64 81

P.21

Od odpadu do funkcjonalnego materiału: praktyczne zastosowanie płyt kompozytowych w gospodarce o obiegu zamkniętym

From waste to functional material: exploring the practical applications of composite boards within a circular economy framework

Agnieszka Podolak[1], Justyna Koc-Jurczyk[2], Dagmara Migut[3], Zuzanna Sylwestrzak[4], Waldemar Prokop[5]

Wdrażanie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) stanowi jedno z kluczowych wyzwań współczesnej gospodarki, ukierunkowane na ograniczenie zużycia surowców pierwotnych oraz maksymalizację ponownego wykorzystania materiałów. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabiera rozwój innowacyjnych materiałów powstających z odpadów, które mogą pełnić funkcje użytkowe przy jednoczesnym zmniejszeniu presji na środowisko. Przedstawione badania koncentrują się na kompozytowych płytach odpadowych, wytwarzanych z udziałem włókien szklanych, żywic polimerowych oraz komponentów celulozowych, stanowiących przykład praktycznej implementacji koncepcji „od odpadu do zasobu".

Opracowany materiał wpisuje się w założenia GOZ poprzez wydłużenie cyklu życia surowców, ograniczenie strumienia odpadów oraz możliwość ich ponownego zagospodarowania w formie trwałych produktów. Płyty kompozytowe mogą znaleźć zastosowanie m.in. w elementach małej architektury, produktach ogrodowych, doniczkach, konstrukcjach użytkowych czy rozwiązaniach infrastrukturalnych, wspierając rozwój zrównoważonego projektowania oraz lokalnych łańcuchów wartości opartych na recyklingu materiałowym.

Celem badań była wieloaspektowa ocena środowiskowa innowacyjnych płyt kompozytowych pochodzenia odpadowego oraz analiza możliwości ich praktycznego wykorzystania jako materiałów funkcjonalnych zgodnych z ideą zrównoważonego rozwoju. Zakres prac obejmował ocenę właściwości użytkowych materiału, analizę mobilności wybranych związków chemicznych oraz badania ekotoksykologiczne z wykorzystaniem organizmów reprezentujących różne poziomy troficzne. W badaniach zastosowano m.in. testy toksyczności ostrej i chronicznej z użyciem glonów, roślin uprawnych, dżdżownic, bakterii bioluminescencyjnych oraz analizy odpowiedzi fizjologicznej roślin obejmujące pomiary zawartości i fluorescencji chlorofilu oraz parametrów wymiany gazowej. Uzupełniająco wykonano analizy chemiczne obejmujące oznaczenia wybranych metali, związków organicznych oraz parametrów fizykochemicznych.

Uzyskane wyniki wskazują, że badany materiał charakteryzuje się niskim potencjałem oddziaływania na środowisko i może być uznany za bezpieczny w warunkach użytkowania. W większości przeprowadzonych testów nie stwierdzono istotnych efektów toksycznych ani negatywnego wpływu na wzrost, przeżywalność czy parametry fizjologiczne organizmów testowych. Jednocześnie materiał zachował korzystne właściwości użytkowe, umożliwiające jego praktyczne zastosowanie jako alternatywy dla konwencjonalnych tworzyw wykorzystywanych w produktach codziennego użytku.

Przeprowadzone badania potwierdzają, że odpadowe materiały kompozytowe mogą stanowić realny element transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, łącząc funkcjonalność techniczną z ograniczeniem presji środowiskowej. Rozwijanie tego typu rozwiązań może wspierać nie tylko redukcję ilości odpadów, ale również tworzenie nowych, bardziej zrównoważonych modeli projektowania i wykorzystania materiałów w gospodarce przyszłości.

SŁOWA KLUCZOWE | bezpieczeństwo środowiskowe, materiały wtórne, wielotroficzna ocena toksyczności

KEYWORDS | environmental safety, recycled materials, multitrophic toxicity assessment

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości". Umowa nr RID/SP/0010/2024/.

1 Dr Agnieszka Podolak, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, apodolak@ur.edu.pl, 17 872 1727

2 Dr hab. inż. Justyna Koc-Jurczyk, prof. UR, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, jkoc@ur.edu.pl, 17 872 1724

3 Dr inż. Dagmara Migut, Katedra Biotechnologii Analitycznej, Wydział Biotechnologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Rzeszowski, dmigut@ur.edu.pl, 17 851 8789

4 Dr Zuzanna Sylwestrzak, Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Katedra Funkcjonowania Ekosystemów Morskich, zuzanna.sylwestrzak@ug.edu.pl, 58 523 68 52

5 Waldemar Prokop, 4PureEkoTech Sp. z o.o., Nowa Dęba

P.22

Rozwój bazy emisyjnej dla sektora rolniczego z wykorzystaniem krajowego systemu identyfikacji i rejestracji zwierząt obsługiwanego przez ARiMR

Development of an emissions database for the agricultural sector using the national system of animal identification and registration operated by ARiMR

Agnieszka Bartocha[1], Małgorzata Soliwoda[2], Anahita Sattari[3], Karol Szymankiewicz[4], Marek Soliwoda[5]

Wpływ sektora rolniczego na jakość powietrza nabiera coraz większego znaczenia ze względu na emisje amoniaku (NH_3) oraz jego udział w tworzeniu wtórnych aerozoli nieorganicznych. Rolnictwo odpowiada w Polsce za ok. 96% krajowych emisji NH_3 i 2% emisji pierwotnych PM2,5. Jednocześnie przekroczenia dopuszczalnych poziomów PM2,5 są często obserwowane w wielu regionach kraju, a amoniak jako prekursor wtórnych aerozoli znacząco wpływa na poziom tego zanieczyszczenia. Wprowadzenie bardziej rygorystycznych norm jakości powietrza w nowej dyrektywie UE (2024/2881), w szczególności dotyczących PM2,5, zwiększa potrzebę dokładniejszej identyfikacji źródeł emisji pyłu.

Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej KOBiZE, odpowiedzialny za przygotowanie danych emisyjnych do modelowania jakości powietrza w ramach rocznej oceny jakości powietrza, opracował i wdrożył zaktualizowaną metodologię szacowania emisji z rolnictwa. Zmiany objęły: (i) sposób obliczania emisji, (ii) zakres i jakość danych wejściowych oraz (iii) metody alokacji przestrzennej.

Kluczową zmianą było zwiększenie rozdzielczości przestrzennej emisji dzięki wykorzystaniu danych z krajowego systemu identyfikacji i rejestracji zwierząt ARiMR (IRZplus). Dotychczasowe dane agregowane na poziomie gmin, oparte m.in. na wynikach PSR 2020, zastąpiono danymi lokalizowanymi na poziomie gospodarstw rolnych. Poszczególne elementy chowu i hodowli zwierząt – utrzymanie w budynkach, gromadzenie odchodów, wypas oraz nawożenie – zostały obliczone oddzielnie i odpowiednio rozłożone przestrzennie. Emisje związane z uprawami rolnymi alokowano z wykorzystaniem mapy upraw EUCROPMAP 2022 zamiast CORINE Land Cover 2018, co pozwoliło lepiej odwzorować rzeczywiste wzorce upraw i zwiększyć dokładność przestrzenną. Dodatkowo zastosowano dezagregację wskaźników emisji dla poszczególnych rodzajów upraw.

Przeprowadzone analizy obejmowały weryfikację jakości danych z systemu IRZplus, ocenę geolokalizacji gospodarstw, analizę liczebności pogłowia, porównania danych przestrzennych oraz testowe obliczenia emisji wraz z oceną wyników względem bazy przygotowanej na potrzeby oceny rocznej 2024. Opracowaną metodologię wykorzystano następnie do przygotowania krajowej bazy emisyjnej dla roku 2025.

W porównaniu z inwentaryzacją emisji dla roku 2024, emisje wyliczone wg nowej metodologii dla roku 2025 wzrosły o ok. 4% dla NH_3 oraz o 25% dla PM2,5, a także istotnie zmienił się ich rozkład przestrzenny. Zmiana emisji pyłu PM2,5 wynika głównie z bardziej szczegółowego uwzględnienia emisji związanych z uprawami oraz z nieco wyższego pogłowia drobiu, natomiast zmiany emisji NH_3 są przede wszystkim efektem aktualizacji danych o liczbie zwierząt. Udoskonalona metodologia dostarcza bardziej wiarygodnych danych do modelowania jakości powietrza i wspiera realizację nowych wymogów UE dotyczących jakości powietrza, w tym bardziej rygorystycznych limitów dla PM2,5.

SŁOWA KLUCZOWE | rolnictwo, emisje, jakość powietrza, NH3, PM2,5

KEYWORDS | agriculture, emission, air quality, PM2.5, NH3

1 Mgr inż. Agnieszka Bartocha, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBiZE, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, agnieszka.bartocha@kobize.pl, +48 22 5696574
2 Mgr Małgorzata Soliwoda, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBiZE, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, malgorzata.soliwoda@kobize.pl, +48 22 5696585
3 Dr inż. Anahita Sattari, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBiZE, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, anahita.sattari@ios.edu.pl, +48 22 4628165
4 Dr inż. Karol Szymankiewicz, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBiZE, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, karol.szymankiewicz@kobize.pl, +48 22 5696536
5 Mgr Marek Soliwoda, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, KOBiZE, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, marek.soliwoda@kobize.pl, +48 22 5696555

P.23

Przegląd aktualnych rozwiązań w kontekście modelowania odorów

Current Approaches to Odour Modelling: A Review of Emission Assessment, Dispersion Models, and Emerging Technologies

Małgorzata Paciorek[1], Izabela Sówka[2], Urszula Miller[3], Magdalena Wróbel[4], Anna Jurga[5], Dagmara Jaworska[6], Yaroslav Bezyk[7]

Ocena oddziaływania zapachowego stanowi istotny element analiz środowiskowych prowadzonych dla obiektów przemysłowych, oczyszczalni ścieków, instalacji gospodarki odpadami oraz obszarów działalności rolniczej. Szczególnie w przypadku obiektów, w których występują liczne i złożone procesy technologiczne, analiza emisji odorowych wymaga kompleksowego podejścia uwzględniającego zarówno charakterystykę źródeł emisji, jak i warunki środowiskowe wpływające na rozprzestrzenianie się substancji zapachowych. Istotne znaczenie mają m.in. wielkość emisji i rodzaj emitowanych związków, zmienność procesów technologicznych, parametry meteorologiczne, ukształtowanie terenu oraz możliwość subiektywnego i zmiennego w czasie odbioru bodźców zapachowych przez mieszkańców terenów sąsiadujących z emitorami.

Celem pracy jest przegląd aktualnych rozwiązań stosowanych w modelowaniu odorów, ze szczególnym uwzględnieniem identyfikacji źródeł emisji oraz narzędzi wykorzystywanych do oceny przestrzennego i czasowego zasięgu oddziaływania zapachowego. W pracy omówiono podstawowe etapy procesu modelowania obejmujące charakterystykę źródeł emisji, dobór danych meteorologicznych, analizę warunków topograficznych oraz interpretację wyników modelowania. Szczególną uwagę poświęcono modelom dyspersji atmosferycznej wykorzystywanym w analizach odorowych, takim jak AERMOD, CALPUFF, ADMS, TAPM, GRAL oraz AUSTAL2000. Modele te różnią się zakresem zastosowań, poziomem złożoności obliczeniowej oraz wymaganiami dotyczącymi danych wejściowych, jednak wszystkie umożliwiają prognozowanie zasięgu oddziaływania emisji odorowych oraz ocenę częstości występowania epizodów odorowych.

W pracy przedstawiono również znaczenie walidacji wyników modelowania z wykorzystaniem pomiarów terenowych, badań olfaktometrycznych oraz nowoczesnych systemów monitoringu środowiskowego. Omówiono rozwój technologii elektronicznych nosów, a także rosnącą rolę metod uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji w analizie danych pomiarowych, identyfikacji źródeł emisji oraz prognozowaniu epizodów odorowych. Coraz większe znaczenie mają również systemy wykorzystujące dane czasu rzeczywistego oraz integrujące monitoring sensoryczny z modelami dyspersji atmosferycznej.

Analiza aktualnych rozwiązań wskazuje, że dalszy rozwój metod modelowania odorów będzie związany przede wszystkim z doskonaleniem metod walidacji, zwiększaniem dokładności danych wejściowych oraz integracją modeli matematycznych z nowoczesnymi technologiami pomiarowymi i narzędziami sztucznej inteligencji. Zastosowanie zintegrowanych systemów modelowania i monitoringu może w przyszłości znacząco poprawić jakość oceny oddziaływania zapachowego oraz wspierać działania z zakresu zarządzania jakością powietrza i ochrony środowiska.

SŁOWA KLUCZOWE | odory, modelowanie, uczenie maszynowe, walidacja

KEYWORDS | odour modelling, odour emissions, atmospheric dispersion models, machine learning, model validation

[1] Mgr Małgorzata Paciorek, Ekometria Sp. z o.o., malgorzata.paciorek@ekometria.com.pl, +48 58 301 42 51
[2] Dr hab. inż. Izabela Sówka, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej i Ochrony Atmosfery, izabela.sowka@pwr.edu.pl, +48 71 320 25 60
[3] Dr inż. Urszula Miller, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej i Ochrony Atmosfery, urszula.miller@pwr.edu.pl, +48 71 320 25 00
[4] Dr inż. Magdalena Wróbel, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej i Ochrony Atmosfery, magdalena.wrobel@pwr.edu.pl, +48 71 320 25 0
[5] Dr inż. Anna Jurga, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej i Ochrony Atmosfery, anna.jurga@pwr.edu.pl, +48 71 320 25 00
[6] Mgr inż. Dagmara Jaworska, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej i Ochrony Atmosfery, dagmara.jaworska@pwr.edu.pl, +48 71 320 25 00
[7] Dr inż. Yaroslav Bezyk, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Katedra Zastosowań Fizyki Jądrowej, bezyk@agh.edu.pl, +48 12 617 57 18

P.24

Znaczenie „przydomowych lasów” dla zachowania bioróżnorodności fauny – badania pilotażowe z wykorzystaniem fotopułapek

The role of forests adjacent to homes in conserving faunal biodiversity – a pilot camera-trap study

Wojciech Lipa[1], Andrzej Oleksa[2], Lena Błaszczyńska[3], Julia Ciszewska[3], Maja Kowalska[3], Anton Marmurash[3], Janina Rajwa[3], Zuzanna Zatorska[3]

Fotopułapki stanowią użyteczne, bezinwazyjne narzędzie monitoringu fauny, szczególnie przydatne w badaniach niewielkich płatów leśnych położonych w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowy mieszkalnej, określanych jako „przydomowe lasy”. Celem pracy była ocena znaczenia takich siedlisk dla zachowania bioróżnorodności fauny w krajobrazie przekształconym przez człowieka.

Badania prowadzono od 1 stycznia do 31 marca 2026 r. w sześciu lokalizacjach (G1, G2, BY1, GR1, GR2, GR3) z użyciem fotopułapek USOGOOD TC-40, pracujących przez taki sam okres czasu i kontrolowanych raz w miesiącu. Za niezależną obserwację uznawano kolejne nagranie tego samego osobnika lub osobników tego samego gatunku, jeśli odstęp między rejestracjami przekraczał 5 minut. Długość trwania filmów ustawiono na 20 sekund na wszystkich urządzeniach. Wszystkie fotopułapki zawieszono w taki sposób, żeby obiektyw znajdował się na wysokości 15 cm.

Łącznie zarejestrowano 605 zdarzeń, a w analizowanym materiale stwierdzono od 5 do 17 taksonów na stanowisko. Najwyższe bogactwo gatunkowe i najwyższą różnorodność odnotowano w lokalizacji GR2 (17 taksonów; H’ = 2,3842; 1-D = 0,8843), natomiast najniższe wartości stwierdzono w GR1 (5 taksonów; H’ = 1,3301; 1-D = 0,6916). Po wyłączeniu człowieka oraz gatunków domowych liczba rejestracji dzikiej fauny wyniosła 507, a liczba gatunków na stanowiskach mieściła się w przedziale 3–14; również w tym ujęciu najwyższą różnorodność wykazano w GR2 (H’ = 2,1791; 1-D = 0,8632), a najniższą w GR1 (H’ = 0,9734; 1-D = 0,5861). Udział dzikiej fauny w ogólnej liczbie rejestracji był wysoki i wynosił od 59,3% w G1 do 98,6% w G2. Wśród najczęściej rejestrowanych gatunków wyróżniały się sarna europejska (*Capreolus capreolus*), kuna domowa (*Martes foina*) i lis rudy (*Vulpes vulpes*). Analiza aktywności dobowej wskazała przy tym na dominację aktywności nocnej u kuny, bardziej rozproszony rytm aktywności lisa oraz częstsze rejestracje sarny w porze dziennej.

Dodatkowo stwierdzono umiarkowane lub niskie podobieństwo składu gatunkowego pomiędzy częścią stanowisk, co wskazuje na wyraźne zróżnicowanie lokalnych zespołów faunistycznych. W niektórych lokalizacjach odnotowano także gatunki unikatowe, m.in. łosia (*Alces alces*) w GR3 i daniela (*Dama dama*) w G1, co podkreśla znaczenie nawet niewielkich płatów leśnych jako miejsc wykorzystywanych przez zróżnicowaną faunę. Wykazano istotny, ujemny związek między obecnością kota a liczbą rejestracji dzikiej fauny, czego nie stwierdzono dla obecności człowieka ani psa. Uzyskane wyniki wskazują, że nawet niewielkie „przydomowe lasy” mogą pełnić funkcję ostoi, miejsc żerowania oraz lokalnych korytarzy przemieszczania się zwierząt, a fotopułapki są skutecznym narzędziem szybkiej oceny ich wartości przyrodniczej.

SŁOWA KLUCZOWE | bioróżnorodność, fauna, fotopułapki, przydomowe lasy
KEYWORDS | biodiversity, fauna, camera traps, forests adjacent to homes

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Projekt finansowany z prywatnych środków mgr Wojciecha Lipy.
Pragniemy podziękować właścicielom „przydomowych lasów” oraz Nadleśnictwu Bydgoszcz za możliwość zawieszenia fotopułapek oraz udostępnienie swojego terenu do badań.

[1] Mgr Wojciech Lipa, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, w.lipa@ukw.edu.pl, 605 404 913
[2] Dr hab. Andrzej Oleksa, prof. uczelni, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, olek@ukw.edu.pl, 502 182 347
[3] Studenci Koła Naukowego Wydziału Nauk Biologicznych, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego

P.25

Rośliny na progesteronie: efekt zielonej pigułki

Plants on Progesterone: The Green Pill Effect

Magdalena Graniewska[1], Barbara Gworek[2], Marta Kijeńska-Markuszewska[3], Lidia Tokarz[4]

Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych wpisuje się w założenia Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ), jednak proces ten budzi pytania o bezpieczeństwo środowiskowe i zdrowotne ze względu na obecność pozostałości substancji czynnych leków. Choć odzysk surowców z osadów jest pożądany, stanowią one jednocześnie drogę, którą substancje o wysokiej aktywności biologicznej trafiają na pola uprawne. Niniejsza praca analizuje, jak progesteron – hormon zdolny do oddziaływania na organizmy żywe nawet w śladowych ilościach – jest pobierany przez rośliny nawożone osadem ściekowym. Celem badań była ocena czy farmaceutyki obecne w osadach (m.in. leki przeciwzapalne, antybiotyki i hormony) są pobierane przez rośliny konsumpcyjne i paszowe, takie jak sałata, buraki, gorczyca czy trawy.

Do analiz wykorzystano komunalne osady ściekowe pochodzące z trzech oczyszczalni ścieków, różniących się skalą obsługiwanych aglomeracji:

- Oczyszczalni obsługującej powyżej 1 000 000 mieszkańców;
- Oczyszczalni obsługującej powyżej 500 000 mieszkańców;
- Oczyszczalni obsługującej powyżej 200 000 mieszkańców.

Takie zestawienie pozwoliło sprawdzić, jak wielkość miasta i związany z nią tryb życia mieszkańców wpływają na ładunek hormonów w komunalnym osadzie ściekowym. Dane analityczne wykazały, że zawartość progesteronu w osadach była bardzo zróżnicowana i wynosiła od około 1854 ng/kg do ponad 7770 ng/kg.

Dwuletnie badania wegetacyjne prowadzone w kontrolowanych warunkach potwierdziły, że rośliny aktywnie pobierają te substancje z podłoża. Znaczne zawartości progesteronu odnotowano zarówno w korzeniach (gdzie jego stężenie przekraczało 931 ng/kg), jak i w częściach nadziemnych. Dowodzi to, że hormon potrafi przemieszczać się w roślinach i gromadzić się w ich tkankach. Zauważono jednak, że korzenie pełnią funkcję naturalnego filtra, zatrzymując większość ładunku hormonalnego, co ogranicza jego ilość w liściach i łodygach. Istotnym wnioskiem jest również fakt, że w drugim roku badań ilość hormonu przemieszczanego do części zielonych uległa zmianie, co sugeruje, że biodostępność leków w glebie ewoluuje wraz z czasem.

Podsumowując, obecność farmaceutyków w roślinach to sygnał, że mogą one niepostrzeżenie włączać się do łańcucha pokarmowego (gleba–roślina–człowiek). W tym ujęciu progesteron staje się „zieloną pigułką" czynnikiem, który gromadzi się w biomasie i może nieść ze sobą długofalowe skutki dla zdrowia ludzi oraz stanu środowiska. Wyniki te podkreślają, że realizacja idei Gospodarki o Obiegu Zamkniętym wymaga rygorystycznego monitorowania jakości komunalnych osadów, aby ich rolnicze wykorzystanie było w pełni bezpieczne.

SŁOWA KLUCZOWE | osady ściekowe, progesteron, farmaceutyki, biodostępność, Gospodarka o Obiegu Zamkniętym (GOZ)

KEYWORDS | sewage sludge, progesterone, pharmaceuticals, bioavailability, Circular Economy (CE)

[1] Mgr Magdalena Graniewska, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, magdalena.graniewska@ios.edu.pl
[2] Prof. dr hab. inż. Barbara Gworek, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, barbara.gworek@ios.edu.pl
[3] Dr Marta Kijeńska-Markuszewska, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, marta.kijenska@ios.edu.pl
[4] Mgr inż. Lidia Tokarz, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, lidia.tokarz@ios.edu.pl

P.26

Regulacje na temat adaptacji do zmian klimatu w prawie. Refleksje na podstawie ekspertyzy „Regulacje prawne na temat adaptacji do zmian klimatu w innych państwach”

Legal provisions on climate change adaptation. Reflections based on the report ”Legal provisions on climate change adaptation in other countries”

Adrianna Skupień[1], Jerzy Jendrośka[2]

Porozumienie Paryskie ustanawia globalny cel związany z adaptacją do zmian klimatu, którym jest zwiększenie zdolności do adaptacji do negatywnych skutków zmian klimatu oraz wspieranie odporności na zmiany klimatu i rozwoju związanego z niską emisją gazów cieplarnianych w sposób niezagrażający produkcji żywności. Polska, wraz z innymi państwami będącymi stronami Porozumienia, jest zobowiązana do podejmowania działań zmierzających do osiągnięcia tego celu. Prawo międzynarodowe nie precyzuje w formie twardych zobowiązań, w jaki sposób te działania mają być podejmowane.

Dotychczas w zakresie prawa klimatycznego to mitygacja zmian klimatu była przede wszystkim przedmiotem regulacji. Określenie działań adaptacyjnych miało w znacznej mierze miejsce na poziomie aktów planistycznych. Nie jest to jednak jedyna dostępna państwu forma działania, a regulacja działań adaptacyjnych za pomocą prawa powszechnie obowiązującego może stanowić potrzebne uzupełnienie dla ustaleń poczynionych na poziomie dokumentów planistycznych.

Zagadnienia prezentowane na posterze są wynikami badań przeprowadzonych przez Zakład Prawa Środowiska w ramach projektu Klimada 3.0. Przedmiotem badania była analiza podejmowanych przez wybrane państwa strony Porozumienia Paryskiego działań prawnych w zakresie adaptacji do zmian klimatu, za pomocą metody komparatystycznej (prawno-porównawczej). Ponieważ przeprowadzona analiza była nakierowana na identyfikację regulacji w ramach określonej materii, porównanie systemów nastąpiło w oparciu o zbadanie następujących elementów konstrukcyjnych: aspektów organizacyjnych, instytucjonalnych oraz proceduralnych, a także w aspekcie wskazanych w prawie sektorów i obszarów adaptacji oraz obszarów interwencji regulacyjnej. Analizie poddane zostały także podstawy prawne podejmowania działań adaptacyjnych w badanych państwach.

Badanie miało przede wszystkim charakter przeglądowy, a jego głównym celem było zestawienie sposobów konstruowania prawnej odpowiedzi na potrzebę przeprowadzania adaptacji do zmian klimatu. Wynikiem analizy jest zestawienie instrumentów prawnych przyjmowanych w wybranych państwach wraz z istotnym kontekstem prawa międzynarodowego i unijnego wiążących się z opisywanymi działaniami. Analiza prezentuje różne sposoby prawnej interwencji w zakresie adaptacji do zmian klimatu, zarówno w formie działania o charakterze systemowym, jak i doraźnej w wybranych ustawach sektorowych.

SŁOWA KLUCZOWE | adaptacja do zmian klimatu, komparatystyka prawnicza, implementacja zobowiązań międzynarodowych, prawo unijne

KEYWORDS | adaptation to climate change, comparative law, implementation of international obligations, european union law

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

KLIMADA 3.0

[1] Adrianna Skupień, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, adrianna.skupien@ios.edu.pl
[2] Dr hab. Jerzy Jendrośka, prof. UO, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, jerzy.jendroska@ios.edu.pl

P.27

Zaawansowane technologie środowiskowe – rola nośników biomasy w reaktorach biologicznych do oczyszczania odcieków składowiskowych

Advanced environmental technologies – the role of biomass carriers in biological reactors for the treatment of landfill leachate

Justyna Koc-Jurczyk[1], Łukasz Jurczyk[2], Agnieszka Podolak[3]

Gospodarka odpadami stanowi jedno z kluczowych wyzwań współczesnej ochrony środowiska, szczególnie w kontekście składowania odpadów komunalnych oraz powstawania odcieków składowiskowych. Odcieki te zawierają złożoną mieszaninę substancji organicznych i nieorganicznych, które mogą negatywnie wpływać na funkcjonowanie komunalnych oczyszczalni ścieków. W związku z tym konieczne jest opracowywanie skutecznych metod ich wstępnego oczyszczania. Jednym z rozwiązań jest przystosowanie technologii oczyszczania ścieków do usuwania zanieczyszczeń z odcieków, poprzez modyfikację reaktorów biologicznych i zastosowanie nośników biomasy, np.: kształtek Kaldnes, Liapor, Linpor czy gąbek poliuretanowych (PU). Tego typu wypełnienia stanowią element zaawansowanych technologii oczyszczania, które zwiększają efektywność procesów biologicznych dzięki lepszym warunkom dla rozwoju i utrzymania aktywnej biomasy w reaktorach biologicznych.

Celem badań była ocena wpływu objętości wypełnienia z gąbki PU w hybrydowych sekwencyjnych reaktorach porcjowych (HSBR) na efektywność oczyszczania odcieków składowiskowych. Zakres badań obejmował analizę jakości odcieków po procesie biologicznego oczyszczania oraz ocenę ich oddziaływania na mikroorganizmy osadu czynnego, określaną na podstawie testu aktywności oddechowej (OUR).

Wyniki badań wykazały, że zastosowanie nośników biomasy w postaci gąbki PU wpływa korzystnie na efektywność procesów oczyszczania, poprawiając jakość oczyszczonych odcieków. Obecność wypełnienia sprzyjała stabilizacji procesów biologicznych oraz zwiększeniu aktywnej powierzchni dla rozwoju mikroorganizmów. Jednocześnie stwierdzono, że mimo poprawy parametrów fizykochemicznych, oczyszczone odcieki mogą wykazywać podwyższoną toksyczność względem osadu czynnego. Zjawisko to wskazuje na możliwość występowania związków trudnorozkładalnych lub produktów przemian pośrednich, które nie są usuwane w standardowych procesach biologicznych.

Zastosowanie nośników biomasy w reaktorach SBR stanowi efektywną i perspektywiczną metodę intensyfikacji biologicznego oczyszczania odcieków składowiskowych, umożliwiając poprawę parametrów jakościowych ścieków oraz stabilizację pracy układu technologicznego. Szczególnie istotne jest zwiększenie powierzchni aktywnej dla rozwoju mikroorganizmów, co przekłada się na wyższą odporność układu na zmienne obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń. Jednocześnie uzyskane wyniki wskazują, że poprawa klasycznych wskaźników fizykochemicznych nie zawsze jest równoznaczna z eliminacją efektu toksycznego, co stanowi istotne ograniczenie w kontekście dalszego odprowadzania odcieków do systemów komunalnych.

Uzyskane wyniki badań podkreślają konieczność kompleksowego podejścia do oceny skuteczności oczyszczania, obejmującego nie tylko analizę parametrów jakościowych, lecz również ocenę oddziaływania na mikroorganizmy osadu czynnego.

SŁOWA KLUCZOWE | odcieki składowiskowe, reaktor biologiczny, nośniki biomasy, aktywność oddechowa osadu czynnego

KEYWORDS | landfill leachate, biological reactor, biomass carriers, activated sludge respiratory activity

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Badania dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”. Umowa nr RID/SP/0010/2024/1.

[1] Dr hab. inż. Justyna Koc-Jurczyk, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, jkoc@ur.edu.pl, +48 17 872 17 24
[2] Dr hab. inż. Łukasz Jurczyk, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, ljurczyk@ur.edu.pl, +48 17 872 17 25
[3] Dr Agnieszka Podolak, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, apodoalk@ur.edu.pl, +48 17 872 17 27

P.28

Procesy chemiczne w oczyszczaniu odcieków składowiskowych – nowe kierunki w ochronie środowiska

Chemical processes in landfill leachate treatment – new directions in environmental protection

Łukasz Jurczyk[1], Justyna Koc-Jurczyk[2], Agnieszka Podolak[3]

Jednym z kluczowych wyzwań współczesnej ochrony środowiska jest racjonalna gospodarka odpadami, obejmująca zarówno ograniczanie ich ilości, jak i skuteczne unieszkodliwianie. W Polsce znacząca część odpadów komunalnych wciąż trafia na składowiska, co prowadzi do powstawania odcieków, będących złożoną mieszaniną zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. Odcieki powstają w wyniku infiltracji wód opadowych oraz procesów biochemicznych zachodzących w zdeponowanych odpadach. Ich skład chemiczny jest zmienny i często obejmuje substancje toksyczne, które mogą stanowić zagrożenie dla wód powierzchniowych i podziemnych.

Współczesne podejście do oczyszczania odcieków składowiskowych opiera się na wykorzystaniu zaawansowanych procesów chemicznych, które umożliwiają skuteczne usuwanie nawet trudno biodegradowalnych zanieczyszczeń. Szczególnie istotną rolę odgrywają tzw. procesy pogłębionego utleniania (AOPs), do których zalicza się między innymi ozonowanie, reakcję Fentona oraz systemy UV/H_2O_2. Technologie te opierają się na generowaniu wysoce reaktywnych rodników hydroksylowych, zdolnych do rozkładu stabilnych związków organicznych do prostszych, mniej szkodliwych form, a często nawet do ich całkowitej mineralizacji.

Znaczenie tych procesów wzrasta wraz z rosnącą obecnością mikrozanieczyszczeń, takich jak pozostałości farmaceutyków, kosmetyków, pestycydów czy mikroplastików. Substancje te są trudne do usunięcia przy zastosowaniu konwencjonalnych metod i mogą wykazywać działanie toksyczne nawet w bardzo niskich stężeniach. Dlatego rozwój technologii chemicznego oczyszczania odcieków stanowi istotny element strategii ochrony środowiska.

Coraz częściej stosuje się zintegrowane układy technologiczne, łączące metody chemiczne z procesami biologicznymi i membranowymi. Takie podejście pozwala osiągnąć wysoką skuteczność oczyszczania, często przekraczającą 90%, oraz znacząco ograniczyć negatywny wpływ odcieków na środowisko. Systemy hybrydowe umożliwiają także optymalizację kosztów oraz zwiększenie stabilności procesu, co ma istotne znaczenie w praktyce eksploatacyjnej.

Dynamiczny rozwój technologii oczyszczania odcieków wpisuje się w globalne dążenia do zrównoważonego gospodarowania zasobami oraz ograniczania emisji zanieczyszczeń. Nowoczesne rozwiązania pozwalają nie tylko na skuteczne oczyszczanie odcieków, lecz także na odzysk cennych surowców i energii. W przyszłości można oczekiwać dalszego rozwoju innowacyjnych metod, które będą jeszcze bardziej efektywne, ekonomiczne i przyjazne dla środowiska.

SŁOWA KLUCZOWE | odcieki składowiskowe, pogłębione utlenianie, mikrozanieczyszczenia
KEYWORDS | landfill leachate, advanced oxidation, micropollutants

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA
Badania dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”. Umowa nr RID/SP/0010/2024/1.

[1] Dr hab. inż. Łukasz Jurczyk, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, ljurczyk@ur.edu.pl, +48 17 872 17 25
[2] Dr hab. inż. Justyna Koc-Jurczyk, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, jkoc@ur.edu.pl, +48 17 872 17 24
[3] Dr Agnieszka Podolak, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, apodoalk@ur.edu.pl, +48 17 872 17 27

P.29

Wpływ na środowisko dużych farm fotowoltaicznych

The environmental impact of large-scale photovoltaic power plants

Marta Gabryszewska[1], Izabela Samson-Bręk[2], Barbara Gworek[3]

Polska energetyka przechodzi dynamiczną transformację, a odnawialne źródła energii (OZE) w 2025 roku osiągnęły rekordowy udział w produkcji energii elektrycznej – 31,5%. Jednym z kluczowych form OZE jest fotowoltaika. Coraz większa produkcja energii z fotowoltaiki (PV) nie byłaby możliwa bez rozwoju dużych farm fotowoltaicznych. Ich kluczowe znaczenie to produkcja niskoemisyjnej energii, stabilizacja sieci energetycznej, dywersyfikacja źródeł energii oraz zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez zmniejszenie zależności od paliw. Farmy fotowoltaiczne odgrywają również kluczową rolę w transformacji energetycznej, stanowiąc jeden z filarów produkcji czystej energii elektrycznej na skalę przemysłową. Ich znaczenie w systemie energetycznym rośnie wraz z dążeniem do redukcji emisji gazów cieplarnianych i zwiększania udziału odnawialnych źródeł energii.

W niniejszej pracy środowiskowej analizie cyklu życia (LCA) poddano produkcję energii elektrycznej przez duże farmy fotowoltaiczne. Ocena cyklu życia została przeprowadzona z zastosowaniem dwóch metod: ReCiPe 2016 i IPCC 2021 GWP 100 (z uwzględnieniem absorpcji CO_2). Obliczenia przeprowadzono przy użyciu Programu SimaPro.

Wyniki LCA wskazują jednoznacznie, że największe oddziaływanie na środowisko stanowi etap produkcji i recyklingu modułów fotowoltaicznych. W przypadku etapu produkcji negatywny wpływ na środowisko wynika z bardzo energochłonnego procesu wydobycia krzemu. Pomimo, iż udało się obniżyć wartości wskaźników poprzez zastosowanie w systemach PV krzemu odpadowego o niskiej czystości, etap ten nadal najbardziej oddziałuje na środowisko. Dlatego też wdrażane są coraz nowsze technologie oczyszczania krzemu lub zmniejszania implementowanych ilości w układach fotowoltaicznych. W przypadku etapu rozbiórki największy wpływ środowiskowy wiąże się z wyczerpywaniem zasobów surowców mineralnych. Chociaż trwają badania nad opłacalnymi ekonomicznie technologiami odzyskiwania krzemu, to niestety, do tej pory demontowane elementy ogniw nie podlegają recyklingowi.

SŁOWA KLUCZOWE | farma fotowoltaiczna, środowisko
KEYWORDS | photovoltaic power plants, environment

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Praca jest zrealizowana w ramach projektu LUMENS - Leading Utility-scale RES Market Expansion towards Next-generation Energy Systems, finansowanego z funduszy Unii Europejskiej z Programu Horyzont Europa.

[1] Dr inż. Marta Gabryszewska, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, marta.gabryszewska@ios.edu.pl, +48 22 3750 543
[2] Dr Izabela Samson-Bręk, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, izabela.samson-brek@ios.edu.pl
[3] Prof. dr hab. inż. Barbara Gworek, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, barbara.gworek@ios.edu.pl, +48 22 3750 503

P.30

Determinants of implementation food loss measurement methods in the agri-food sector – organisational barriers and implications for resource efficiency

Sylwia Łaba[1], Robert Łaba[2]

Food loss measurement has become an important component of sustainable food systems and circular economy policies. Despite the growing regulatory pressure and the development of measurement methodologies, limited attention has been paid to the practical conditions affecting the implementation of food loss monitoring at the level of primary production and food processing enterprises. In particular, organisational and informational barriers limiting the collection of reliable food loss data remain insufficiently explored.

This paper aims to identify the determinants of implementing food loss measurement methods in the agri-food sector and to analyse the main barriers affecting effective food loss monitoring at the enterprise level. The study was conducted within the SMART-FOOD project and is based on a qualitative content analysis of materials collected during expert workshops and survey responses from representatives of primary production and food processing entities.

The findings indicate that enterprises most commonly rely on mass balance approaches, direct measurement, and ERP/MES-based data systems, mainly because these methods can be integrated into existing operational processes. However, the results show that the main implementation barriers are organisational and informational rather than technological. The most frequently identified challenges include the lack of standardised measurement procedures, definitional ambiguities related to food loss classification, limited data availability, the time-consuming nature of data collection, and insufficient analytical competencies.

The study also highlights the increasing importance of automation, digitalisation, and data integration in improving the effectiveness of food loss monitoring systems. The findings suggest that effective food loss reduction depends not only on the availability of measurement methods but also on enterprises' ability to manage data and improve resource efficiency. The paper contributes to the discussion on food loss management by demonstrating that food loss measurement should be treated not only as a technical or environmental issue but also as an element of organisational and operational efficiency in agri-food enterprises.

KEYWORDS | food loss, food waste, resource efficiency, agri-food sector, measurement of food loss, SMART-FOOD

FUNDING SOURCE

This research was carried out within the SMART-FOOD project, co-funded by the European Union under the Single Market Programme (SMP), grant no. 101223901 managed by the European Health and Digital Executive Agency (HADEA), and by the National Fund for Environmental Protection and Water Management in Poland.

[1] Dr inż. Sylwia Łaba, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, sylwia.laba@ios.edu.pl, tel. +48 22 3750 558
[2] Mgr inż. Robert Łaba, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, robert.laba@ios.edu.pl, tel. +48 22 3750 594

P.31

Nowe rozwiązania i perspektywy rozwoju metodyki szacowania emisji z transportu drogowego w ramach Centralnej Bazy Emisyjnej

New approaches and prospects for the development of methodologies for estimating road transport emissions within the framework of the Central Emissions Database

Lech Gawuć[1], Anahita Sattari[2], Iwo Augustyński[3]

Emisje z sektora transportu drogowego stanowią jeden z istotnych czynników wpływających na stężenia zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym. Wysoka gęstość zaludnienia, duże nagromadzenie różnorakich pojazdów oraz struktura budowlana terenów zurbanizowanych (występowanie tzw. kanionów miejskich) sprawiają, że miasta są szczególnie narażone na podwyższone stężenia zanieczyszczeń. Jednocześnie, znacząca część mieszkańców miast korzysta z samochodu w codziennym funkcjonowaniu, stąd np. ograniczenia w dostępności miejsc parkingowych mające zniechęcić do korzystania z samochodu, są bardzo wrażliwym społecznie zagadnieniem. Dlatego też dokładne określenie emisji z transportu drogowego jest bardzo ważne.

W sektorze drogowym, zarówno w Polsce, jak i za granicą, metodyka szacowania emisji oparta jest najczęściej na danych uśrednionych dla całego kraju. Są to charakterystyki zależności wielkości emisji od prędkości, struktura rodzajowa pojazdów czy parametry zmienności czasowych. Zaniedbanie lokalnych różnic w danych może prowadzić do błędów w szacowaniu emisji, a co za tym idzie, do błędnych decyzji administracyjnych wpływających na życie ludzi. W prezentacji przedstawione zostaną założenia i kierunki ulepszenia metodyki szacowania emisji pochodzących z: (a) spalania paliw na podstawie danych określających zmienność czasową natężenia ruchu oraz wstępnych wyników, oraz (b) emisji wtórnych, nie będących bezpośrednim rezultatem spalania paliw.

Ad (a). Ulepszenie metodyki będzie oparte na możliwie pełnym wykorzystaniu potencjału danych zbieranych przez zarządców dróg. W zespoleniu z posiadanymi danymi opartymi na trajektorii GPS, takie podejście znacząco przybliża do rzeczywistych obecnych szacunków natężenia ruchu w ramach Centralnej Bazy Emisyjnej, tym samym doskonaląc określenie wielkości emisji.

Ad (b). Metodyka szacowania unosu wtórnego będzie oparta na wynikach trwającego projektu badawczego z subwencji MNiSW. Głównym celem projektu jest opracowanie powtarzalnej metodyki terenowej umożliwiającej ilościową ocenę emisji wtórnej pyłów, tj. emisji wynikających z unosu pyłu z nawierzchni dróg. W badaniu wykorzystano czujniki zainstalowane przy oponach oraz mobilne laboratorium referencyjne umieszczone na samochodzie, służące do pomiarów stężeń w tle. Celem projektu jest ocena zdolności tych czujników do rejestrowania krótkotrwałych epizodów unosu pyłu drogowego. Dodatkowo analizowana jest możliwość wyznaczania współczynników emisji (EF) dla różnych typów dróg w rzeczywistych warunkach miejskich, z uwzględnieniem wpływu wilgotności nawierzchni oraz warunków meteorologicznych.

SŁOWA KLUCZOWE | transport drogowy, emisje, zmienność czasowa, resuspencja, unos pyłu drogowego, pomiary bezpośrednie, centralna baza emisyjna

KEYWORDS | road transport, emissions, temporal variability, resuspension, road dust dispersion, direct measurements, central emissions database

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Projekt ten stanowił część ustawowego zadania dotyczącego Centralnej Bazy Emisyjnej (CBE), realizowanego w Krajowym Ośrodku Bilansowania i Zarządzania Emisjami, działającym w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym. Pomiary unosu wtórnego zostały dofinansowane ze środków subwencji MNiSW.

[1] Dr inż. Lech Gawuć, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, lech.gawuc@kobize.pl
[2] Dr inż. Anahita Sattari, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, anahita.sattari@ios.edu.pl, +48 22 462 81 65
[3] Dr Iwo Augustyński, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zespół Centralnej Bazy Emisyjnej, KOBiZE, iwo.augustyński@kobize.pl

P.32

Porównanie stężeń i składu pyłu PM2.5 w Warszawie w latach 2016 i 2023–2024 w kontekście wdrożenia uchwały antysmogowej

Comparison of PM2.5 concentrations and chemical composition in Warsaw in 2016 and 2023–2024 in the context of anti-smog resolution implementation

Magdalena Reizer[1], Katarzyna Maciejewska[2], Anna Gayer[3], Barbara Błaszczak[4]

Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym (PM), będące w 2021 roku głównym czynnikiem obciążenia zdrowotnego populacji na świecie, stanowi jedno z najpoważniejszych wyzwań współczesnej polityki środowiskowej ze względu na wysokie stężenia w atmosferze oraz potwierdzony licznymi badaniami epidemiologicznymi negatywny wpływ na zdrowie [1–3]. W pracy przedstawiono analizę porównawczą stężeń PM2.5 oraz jego składu chemicznego obserwowanych w Warszawie przed i po wdrożeniu uchwały antysmogowej dla województwa mazowieckiego, odpowiednio w 2016 roku [4] oraz w okresie 2023–2024. Analiza obejmowała stężenia wtórnych jonów nieorganicznych (SO42–, NO3–, NH4+), węgla elementarnego (EC), organicznego (OC) oraz pierwiastków śladowych.

Wyniki wskazują na spadek średniego rocznego stężenia PM2.5 z 19 do 14 µg/m³, szczególnie zimą (–38%) i wiosną (–27%), a także spadek stężeń EC oraz wtórnych jonów nieorganicznych. Jednocześnie wzrósł udział aerozolu wtórnego (SIA+SOC) w masie PM2.5 oraz ponad dwukrotnie zwiększył się stosunek OC/EC. W każdej porze roku okresu 2023–2024 obserwowano również wyższe stężenia sumy pierwiastków śladowych niż w roku 2016. W tym samym okresie zaobserwowano przesunięcie rozkładu temperatur powietrza w kierunku wyższych wartości, szczególnie w sezonie letnim i przejściowym, oraz większą zmienność warunków zimowych. Łagodniejsze warunki termiczne sprzyjały ograniczeniu emisji z sektora komunalno-bytowego, wzmacniając efekt redukcji stężeń PM2.5 po wdrożeniu uchwały antysmogowej.

[1] Brauer M., Roth G.A., et al. (2024). Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. The Lancet 403 (10440), 2162–2203.
[2] Chen J., Hoek G. (2020). Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. Environment International 143, 105974.
[3] Orellano P., Reynoso J., Quaranta N., Bardach A., Ciapponi A. (2020). Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO2), and ozone (O3) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. Environment International 142, 105876.
[4] Juda-Rezler K., Reizer M., Maciejewska K., Błaszczak B., Klejnowski K. (2020). Characterization of atmospheric PM2.5 sources at a Central European urban background site. Science of The Total Environment 713, 136729.

SŁOWA KLUCZOWE | pył zawieszony, skład chemiczny PM2.5, uchwała antysmogowa, jakość powietrza miejskiego

KEYWORDS | particulate matter, PM2.5 chemical composition, anti-smog resolution, urban air quality

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantów OPUS-7 (Projekt nr 2014/13/B/ST10/01096) oraz SONATA-17 (Projekt nr 2021/43/D/ST10/02176). Praca była częściowo sfinansowana ze środków działalności statutowej Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk (Projekt nr 1a-146/24).

[1] Dr hab. inż. Magdalena Reizer, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, magdalena.reizer@pw.edu.pl
[2] Dr inż. Katarzyna Maciejewska, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, katarzyna.maciejewska@pw.edu.pl
[3] Dr inż. Anna Gayer, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, anna.gayer@pw.edu.pl
[4] Dr Barbara Błaszczak, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, barbara.blaszczak@ipispan.edu.pl

P.33

Występowanie PFAS w ściekach i ich znaczenie dla jakości środowiska

Occurrence of PFAS in Wastewater and Their Impact on Environmental Quality

Magdalena Zarębska[1], Katarzyna Malorna[2], Ewa Sabura[3], Ewa Dresler[4], Natalia Stanek-Wandzel[5]

Substancje per- i polifluoroalkilowe (PFAS) należą do trwałych mikrozanieczyszczeń, które ze względu na odporność na degradację, mobilność oraz potencjalną toksyczność stanowią istotne zagrożenie dla środowiska wodnego. Jednym z ważnych źródeł ich emisji są ścieki komunalne, do których PFAS trafiają zarówno w wyniku działalności przemysłowej, jak i codziennego użytkowania produktów konsumenckich. Celem pracy była ocena występowania 25 związków PFAS w ściekach surowych i oczyszczonych oraz określenie skuteczności ich usuwania w oczyszczalniach ścieków zlokalizowanych na obszarze transgranicznym Polski i Czech.

Badania obejmowały roczny monitoring prowadzony w siedmiu oczyszczalniach ścieków, z poborem próbek w cyklu dwumiesięcznym. Oznaczenia wykonano z zastosowaniem chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS) z użyciem izotopowo znakowanych wzorców wewnętrznych, po wcześniejszej ekstrakcji do fazy stałej (SPE).

Sumaryczne stężenia 25 oznaczanych PFAS w ściekach surowych mieściły się w zakresie od 56 do 4107 ng/l, natomiast w ściekach oczyszczonych od 51,6 do 1519 ng/l. Najwyższe wartości odnotowano okresowo w próbkach pobranych jesienią i zimą, co wskazuje na dużą zmienność czasową dopływu PFAS do oczyszczalni. W profilu zanieczyszczeń dominowały głównie związki krótkołańcuchowe, zwłaszcza kwas perfluoropentanowy (PFPeA) i kwas perfluorobutanowy (PFBA), a okresowo także kwasy: perfluorobutanosulfonowy (PFBS), perfluorooktanosulfonowy (PFOS) i perfluorodekanosulfonowy (PFDS). Wykryto również PFAS nowej generacji z grupy eterów polifluorowanych, takie jak ADONA oraz GenX. Skuteczność redukcji sumy PFAS była silnie zróżnicowana, przy czym w części obiektów obserwowano wzrost stężeń w ściekach oczyszczonych względem surowych.

Uzyskane wyniki wskazują, że konwencjonalne procesy oczyszczania ścieków nie stanowią skutecznej i stabilnej bariery dla PFAS. Obserwowane wzrosty stężeń mogą wynikać z przemian prekursorów, desorpcji z osadów lub zmienności ładunku zanieczyszczeń dopływających do oczyszczalni. Obecność PFAS w odpływach potwierdza ich znaczenie jako źródła presji na środowisko wodne i podkreśla potrzebę systematycznego monitoringu oraz wdrażania skuteczniejszych metod ich usuwania.

SŁOWA KLUCZOWE | PFAS, ścieki, mikrozanieczyszczenia, jakość wód, środowisko wodne, oczyszczanie ścieków, SPE-LC-MS/MS

KEYWORDS | PFAS, wastewater, micropollutants, water quality, aquatic environment, wastewater treatment, SPE-LC-MS/MS

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Ścieki bez granic – problem mikrozanieczyszczeń; CZ.11.01.02/00/23_011/0000164, Interreg CZ-PL 2021–2027.

[1] Dr inż. Magdalena Zarębska, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, magdalena.zarebska@icso.lukasiewicz.gov.pl, 77 4873552
[2] Mgr inż. Katarzyna Malorna, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, katarzyna.malorna@icso.lukasiewicz.gov.pl, 77 4873314
[3] Dr Ewa Sabura, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, ewa.sabura@icso.lukasiewicz.gov.pl, 77 4873192
[4] Dr Ewa Dresler, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, ewa.dresler@icso.lukasiewicz.gov.pl, 77 4873115
[5] Dr Natalia Stanek-Wandzel, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Surowców Odnawialnych, natalia.stanek@icso.lukasiewicz.gov.pl, 77 4873567

P.34

Opady atmosferyczne w zmieniającym się klimacie na przykładzie Szczecina (1951–2025)

Atmospheric precipitation under climate change: a case study of Szczecin (1951–2025)

Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz[1], Agnieszka Mąkosza[2]

Celem opracowania jest charakterystyka opadów atmosferycznych w Szczecinie w świetle obserwowanej zmiany klimatu. Materiał źródłowy stanowiły dobowe sumy opadów atmosferycznych z lat 1951–2025, zarejestrowane na stacji IMGW-PIB w Szczecin-Dąbiu.

Zmienność warunków opadowych określono na podstawie rocznych, sezonowych i miesięcznych sum opadów, udziału opadów sezonowych w sumie rocznej, a także ilorazów sum opadów letnich (VI–VIII) i zimowych (XII–II) oraz jesiennych (IX–XI) i wiosennych (III–V). Charakterystykę warunków pluwiometrycznych uzupełniono klasyfikacją opadową poszczególnych miesięcy i lat, przeprowadzoną na podstawie wskaźnika względnego opadu (RPI) zaproponowanego przez Kaczorowską (1962), oraz analizą liczby dni z opadem o określonej intensywności według kryterium Olechnowicz-Bobrowskiej (1970).

W analizowanym 75-leciu w Szczecinie średnia roczna suma opadów wyniosła 541 mm. Opady wiosenne, letnie, jesienne i zimowe stanowią odpowiednio 20%, 34%, 25% i 21% sumy rocznej. Najniższą roczną sumę opadów, 349 mm, odnotowano w 1982 roku, natomiast najwyższą, 840 mm, w 2017 roku. Najwyższe średnie miesięczne sumy opadów występują w lipcu i wynoszą 71 mm, a najniższe w lutym – 30,8 mm. W ostatnim okresie referencyjnym 1991–2020 miesiącem o najniższej przeciętnej sumie opadów był jednak kwiecień, z wartością 31,2 mm. Opady kwietniowe cechowały się jednocześnie największą zmiennością z roku na rok, przy współczynniku zmienności Vs = 63%. Najwyższą miesięczną sumę opadów, 192,5 mm, odnotowano w lipcu 2017 roku, natomiast najwyższy opad dobowy, 96,3 mm, zarejestrowano 30 czerwca 2021 roku.

Opady rejestrowane są średnio przez 164 dni w roku, a liczba dni z opadem waha się od 11,6 w kwietniu do 17,0 w styczniu. Najczęściej występują bardzo słabe opady dobowe, o sumie do 1 mm, które stanowią 51,9% przypadków. Opady słabe, 1,1–5,0 mm, umiarkowane, 5,1–10,0 mm, oraz umiarkowanie silne, 10,1–20,0 mm, występują odpowiednio z częstością 32,3%, 10,3% i 4,3%. Opady silne, 20,1–30,0 mm, oraz bardzo silne, powyżej 30,0 mm, pojawiają się sporadycznie.

Analiza wskaźnika RPI wskazuje, że ponad jedna trzecia miesięcy (36,1%) odznaczała się normalnymi sumami opadów. Miesiące z RPI poniżej normy stanowiły 35,1%, natomiast miesiące z RPI powyżej normy – 28,8%.

W latach 1951–2025 zmiany podstawowych cech reżimu pluwialnego w Szczecinie były na ogół statystycznie nieistotne. Istotne statystycznie zmiany stwierdzono jedynie w przypadku wzrostu sum opadów zimowych, spadku procentowego udziału opadów wiosennych w sumie rocznej, wzrostu procentowego udziału opadów zimowych w sumie rocznej oraz wzrostu ilorazu sum opadów jesiennych i wiosennych.

SŁOWA KLUCZOWE | opady, zmienność, trend, wielolecie
KEYWORDS | precipitation, variability, trend, long-term observations

[1] Dr hab. inż. Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, jnidzgorska@zut.edu.pl
[2] Dr inż. Agnieszka Mąkosza, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, agnieszka.makosza@zut.edu.pl

P.35

Dynamika zmian warunków biotermicznych w Gorzowie Wielkopolskim podczas fal upałów w świetle zmiany klimatu

Dynamics of changes in biothermal conditions in Gorzów Wielkopolski during heat waves in the context of climate change

Agnieszka Mąkosza[1], Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz[2]

Celem pracy jest wykazanie długookresowych zmian w warunkach odczuwalnych (biotermicznych) obliczonych na podstawie wskaźnika UTCI (*Universal Thermal Climate Index*) w Gorzowie podczas ekstremalnych zdarzeń termicznych – fal upałów.

Do obliczeń wykorzystano dobowe wartości maksymalnej temperatury powietrza z lat 1971–2025 na podstawie której wyznaczono dni upalne oraz fale upałów. Dzień upalny zdefiniowano jako dzień z maksymalną temperaturą powietrza powyżej 30,0°C. Fale upałów wyznaczono jako ciąg co najmniej trzech kolejnych dni z maksymalną temperaturą powietrza powyżej 30°C, z możliwymi przerwami trwającymi 1–2 dni, podczas których maksymalna temperatura powietrza w każdym dniu przekracza 25°C.

Do obliczenia wskaźnika UTCI, wykorzystano godzinne wartości następujących parametrów meteorologicznych (temperatura powietrza, zachmurzenie, wilgotność powietrza, prędkość wiatru). Obliczenia wykonano za pomocą programu BioKlima 2.6. Wskaźnik UTCI opiera się na modelu bilansu cieplnego człowieka (model Fiala) uwzględniającym dwa parametry regulacji wymiany ciepła pomiędzy organizmem człowieka a otoczeniem: pasywny – transport ciepła wewnątrz organizmu i aktywny – fizjologiczne mechanizmy termoregulacji.

Stwierdzono, że pomimo niewielkich wahań rocznych, średnia maksymalna temperatura powietrza wykazuje trend wzrostowy wpisując się w obserwowaną ogólną tendencję zmian warunków termicznych. Potwierdzeniem tego są również wartości średniej maksymalnej temperatury powietrza obliczone dla kolejnych normalnych okresów klimatycznych (1971–2000, 1981–2010, 1991–2020), które wzrosły z 18,8°C do 19,9°C. Również absolutne maksymalne roczne wartości wskazują na tendencję wzrostową, charakteryzując się jednak większą zmiennością międzyroczną. Absolutnie najwyższą wartość maksymalnej temperatury powietrza w rozpatrywanym okresie odnotowano w 1998 roku i wyniosła ona 37,4°C. Analiza liczby dni upalnych, definiowanych jako dni z temperaturą maksymalną przekraczającą 30°C wykazała trend wzrostowy w całym rozpatrywanym okresie 1971–2025. Jednocześnie dla wielolecia 1971–2000 nie stwierdzono istotnej statystycznie tendencji zmian, natomiast najwyższy i statystycznie istotny wzrost liczby takich dni zaobserwowano w okresie 1991–2020. Z kolei dni bardzo upalne, z temperaturą powietrza przekraczającą 35°C zaczęły występować zdecydowanie częściej po 1992 roku.

Analiza średnich rocznych wartości wskaźnika UTCI wykazała tendencję wzrostową i dużą zmienność międzyroczną.

SŁOWA KLUCZOWE | obciążenia, miasto, dzień upalny, intensywność, trend, bioklimat
KEYWORDS | heat stress, city, heat day, intensity, trend, bioclimate

[1] Dr inż. Agnieszka Mąkosza, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, amakosza@zut.edu.pl
[2] Dr hab. inż. Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz, prof. ZUT, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, jlencewicz@zut.edu.pl

P.36

Wielopoziomowe zarządzanie w adaptacji do zmiany klimatu

Multi-scale governance for climate change adaptation

Anna Dubel[1], Patrycja Gałązka[2]

Wielopoziomowe zarządzanie ma zasadnicze znaczenie dla planowania i wdrażania działań dostosowawczych do zmiany klimatu. Celem projektu AdaptationHubs, realizowanego w ramach Misji Unii Europejskiej Adaptacja do Zmiany Klimatu z programu Horyzont Europa jest wzmocnienie komunikacji, koordynacji oraz współpracy w obszarze adaptacji do zmian klimatu na wszystkich szczeblach zarządzania, a także wspieranie skoordynowanych działań na rzecz odporności na zmiany klimatu. W związku z tym badania społeczne przeprowadzone w projekcie diagnozują potrzeby i identyfikują inicjatywy służące większej koordynacji działań adaptacyjnych na różnych poziomach zarządzania od Unii Europejskiej, poprzez poziomy krajowy, regionalny i lokalny. Wykonane badanie analizy luk wskazuje na konieczność zastosowania podejścia policentrycznego angażującego w planowanie, projektowanie i wdrażanie działań adaptacyjnych różnych interesariuszy, będących właścicielami lub administratorami obszarów narażonych na skutki zmiany klimatu, a także naukowców i ekspertów oraz stronę społeczną.

W przeprowadzonych badaniach dotyczących Polski wykorzystano podejście „czterech helis" w celu zidentyfikowania i analizy interesariuszy. Wśród interesariuszy rozesłano kwestionariusz badawczy, aby zdiagnozować kluczowe potrzeby, bariery oraz preferowane kanały wsparcia dla polskich miast i regionów w procesie budowania odporności klimatycznej. Wyniki analizy wskazują, że priorytetem dla interesariuszy jest zapewnienie finansowania oraz wsparcie w opracowywaniu strategii i wdrażaniu konkretnych rozwiązań adaptacyjnych. Głównymi wyzwaniami pozostają brak funduszy, niska świadomość społeczna oraz utrudniony dostęp do danych klimatycznych. Respondenci wskazali, że kluczowym wsparciem w pokonywaniu tych barier byłby lepszy dostęp do precyzyjnych danych o ryzyku oraz szczegółowe analizy kosztów i korzyści rozwiązań, pozyskiwane najczęściej od ekspertów oraz poprzez udział w specjalistycznych wydarzeniach i przez sieci kontaktów. Badaniom tym towarzyszyły spotkania grup fokusowych, podczas których rozpoznawano i omawiano rozwiązania odpowiadające potrzebom współpracy uczestników, a także możliwości i kanały współdziałania.

Wyniki badań dostarczą informacji lokalnym, regionalnym i krajowym decydentom o naukowo-strategicznym krajobrazie adaptacji klimatycznej w Polsce i mogą służyć jako diagnoza do opracowania wielopoziomowych ram zarządzania adaptacyjnego, strategii, planów i działań.

SŁOWA KLUCZOWE | adaptacja, zmiana klimatu, wielopoziomowe zarządzanie
KEYWORDS | adaptation, climate change, multi-scale governance

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Badania w ramach projektu AdaptationHubs realizowanego w ramach Misji Unii Europejskiej Adaptacja do Zmiany Klimatu z programu Horyzont Europa.

[1] Dr inż. Anna Dubel, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, anna.dubel@ios.edu.pl, +48 603925917
[2] Mgr Patrycja Gałązka, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, patrycja.galazka@ios.edu.pl, +48 797524602

P.37

Zawartość i charakterystyka mikroplastiku w glebach obszarów intensywnej uprawy szklarniowej

Content and characteristics of microplastics in soils from areas of intensive greenhouse cultivation

Jerzy Wieczorek[1], Agnieszka Baran[2], Aleksandra Kołek[3], Katarzyna Lis[4]

Celem badań było uzyskanie wstępnych informacji na temat wpływu intensywnej uprawy roślin pod osłonami foliowymi na zawartość mikroplastików (MP) w glebach spod takich upraw. W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości MP w wierzchniej warstwie gleb pochodzących z pięciu podkrakowskich gospodarstw prowadzących od wielu lat w tych samych lokalizacjach intensywną uprawę roślin ogrodniczych pod osłonami.

W próbkach przeprowadzono analizę ilościową i jakościową wyizolowanych mikroplastików (liczbę, rodzaj plastiku, kształt i kolor cząstek, z podziałem na 3 grupy wielkościowe o długości mieszczącej się w zakresie 0,1–5 mm). Ponadto określono podstawowe właściwości fizykochemiczne badanych gleb tj.: pH, skład granulometryczny, zawartość C-org., Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb i Zn. W celu wyodrębnienia z gleby cząstek tworzyw sztucznych przeprowadzono złożoną procedurę analityczną składającą się z następujących etapów: dezagregacji próbki, separacji wielkościowej na sitach na mokro, separacji gęstościowej w roztworze $ZnCl_2$, utlenianie substancji organicznej w roztworze Fentona, ponownej separacji gęstościowej pozostałości oraz sączenia przez filtry krzemowe. Do identyfikacji i określenia parametrów fizycznych mikroplastików, wyodrębnionych na filtrach krzemowych, wykorzystano mikroskop FTIR Nicolet iN10MX firmy Thermo Fisher Scientific.

Badania wykazały obecność MP we wszystkich badanych glebach. Średnia liczba mikroplastików w 1 kg suchej masy badanych gleb mieściła się od 19 (5 lat uprawy pod osłonami) do 299 sztuk (20 lat uprawy pod osłonami). Przeważającymi polimerami były polietylen (PE) i polistyren (PS). Dominującym kolorem wyizolowanych MP był kolor przezroczysty i biały, natomiast najczęściej powtarzającymi się kształtami były listki, pianki, fragmenty i folie. Stwierdzono, że gleba o najwyższej zawartości materii organicznej i równocześnie z najdłuższą uprawą pod osłonami charakteryzowała się największą liczbą mikrocząsteczek. Natomiast w glebie o najniższej zawartości materii organicznej, a także z najkrótszą uprawą pod osłonami, oznaczono najmniej cząsteczek tworzyw sztucznych.

SŁOWA KLUCZOWE | mikroplastik, gleba
KEYWORDS | microplastic, soil

[1] Dr hab. Jerzy Wieczorek prof. URK, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, jerzy.wieczorek@urk.edu.pl
[2] Prof. dr hab. Agnieszka Baran, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, agnieszka.baran@urk.edu.pl
[3] Mgr inż. Aleksandra Kołek, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
[4] Mgr inż. Katarzyna Lis, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

P.38

Rosnące zagrożenie osuwiskowe w warunkach zmian klimatu – integracja monitoringu, danych opadowych i analiz podatności

The growing risk of landslides under climate change – integration of monitoring, rainfall data and vulnerability analyses

Adam Karol Chaszczewicz[1], Maria Przyłucka, Kamila Karkowska, Tomasz Wojciechowski, Paweł Marciniec

System Osłony Przeciwosuwiskowej (SOPO) to ogólnopolski projekt realizowany przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, którego celem jednym z głównych celów jest ograniczenie ryzyka dla mienia, zdrowia i życia ludzi oraz infrastruktury wynikających z ruchów masowych. W jego ramach realizowane jest rozpoznanie osuwisk na obszarze całej Polski. Wyniki prac inwentaryzacyjnych wydawane są w formie Map Osuwisk i Terenów Zagrożonych (MOTZ). Dla każdego osuwiska opracowywana jest Karta Rejestracyjna Osuwiska, a terenu zagrożonego sporządza się Kartę Rejestracyjną Terenu Zagrożonego ruchami masowymi. Uzupełnieniem tych działań jest monitoring wybranych osuwisk oraz analizy podatności osuwiskowej.

Wyniki inwentaryzacji osuwisk oraz monitoringu przechowywane są w bazie danych SOPO. Obecnie, znajduje się w niej ponad 90 tysięcy rekordów osuwisk i ponad 10 tysięcy rekordów terenów zagrożonych. Przez 20 lat projektu monitoringiem wgłębnym lub powierzchniowym objęto ponad 60 osuwisk. Opracowano też mapy podatności osuwiskowej uwzględniające głównie czynniki bierne, takie jak budowa geologiczna podłoża, czy nachylenie stoków.

Ogromna ilość danych zgromadzona w bazie SOPO pozwala obecnie na podjęcie działań zmierzających do opracowania modelów podatności uwzględniających czynniki aktywne, do których zalicza się m.in. opady. Służyć do tego mają dane opadowe, gromadzone od dziesięcioleci przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Integracja informacji o intensywności i czasie trwania opadów z danymi przestrzennymi dotyczącymi osuwisk umożliwia identyfikację warunków sprzyjających ich aktywacji oraz wspiera system wczesnego ostrzegania. W kontekście obserwowanego wzrostu częstości i intensywności ekstremalnych zjawisk pogodowych, związanych ze zmianą klimatu, szczególnego znaczenia nabiera problem reaktywacji istniejących osuwisk oraz powstawania nowych form.

Dane zgromadzone w ramach SOPO, w tym lokalizacja osuwisk oraz warstwy podatności osuwiskowej, stanowią istotną podstawę do oceny ryzyka w zmieniających się warunkach klimatycznych. Jednak skuteczna adaptacja do tych zmian wymaga opracowania nowych wskaźników oraz metodyki oceny wrażliwości zagrożenia osuwiskowego na zmiany klimatu, rozumianej jako zdolność systemu do reagowania na zmieniające się warunki opadowe.

Poster prezentuje możliwości wykorzystania danych SOPO w analizie wpływu zmian klimatu na zagrożenie osuwiskowe oraz ich zastosowanie w planowaniu przestrzennym i zarządzaniu kryzysowym. Zaproponowano również kierunki rozwoju metod oceny ryzyka, które mogą stanowić podstawę działań adaptacyjnych w obszarze geozagrożeń.

SŁOWA KLUCZOWE | osuwiska, System Osłony Przeciwosuwiskowej, opady, ruchy masowe
KEYWORDS | landslides, Landslide Protection System, rainfall, mass movements

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA
Działania projektu SOPO sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

[1] Mgr inż. Adam Chaszczewicz, Centrum Geozagrożeń, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, acha@pgi.gov.pl

P.39

Circular Economy & Digital Skills – Developing Future Skills for a Sustainable Economy

Anna Bojanowicz-Bablok[1], Aleksandra Hajduk[2]

The transition towards a circular and sustainable economy is significantly reshaping labour market requirements across Europe, creating increasing demand for new combinations of green, digital, and transversal competences. Vocational education and training (VET) systems are therefore expected to better respond to changing labour market needs related to sustainability, resource efficiency, and digital transformation.

The aim of the work carried out within the Erasmus+ project Circular Economy & Digital Skills was to analyse how circular economy and digital skills are integrated into vocational education programmes and to identify competence gaps between existing educational provision and labour market expectations. The work was conducted in six partner countries: Germany, Italy, Poland, Portugal, Spain, and Türkiye.

The activities included a comparative analysis of VET programmes at EQF levels 3 and 4, mapping of educational content using the European Green ESCO classification, and a survey conducted among companies implementing circular economy business models. The analysis focused on identifying competences related to circular economy, sustainability, and digital transformation, as well as educational and training needs for entry-level employees.

The results revealed considerable differences between national education systems and approaches to integrating circular economy topics into VET programmes. At the same time, common trends were identified across all partner countries, including increasing emphasis on sustainability, resource efficiency, waste management, renewable energy, and environmentally responsible production. The enterprise survey indicated growing demand for entry-level employees equipped with practical green and digital competences supporting circular economy implementation. Employers particularly emphasised resource efficiency, waste management and recycling, circular business models, technology and innovation, as well as transversal competences such as communication, teamwork, adaptability, and problem-solving. The study also revealed gaps between current educational provision and labour market needs.

The project results highlight the importance of closer cooperation between VET institutions and industry, greater use of European competence frameworks, and the development of practical and digitally supported learning environments. The findings may support future activities aimed at adapting vocational education to the needs of the green and digital transition.

KEYWORDS | circular economy, vocational education and training (VET), digital skills

FUNDING SOURCE

This work was developed within the Erasmus+ project Circular Economy & Digital Skills (2023-2-TR01-KA220-SCH-000171084).

[1] Anna Bojanowicz-Bablok, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, anna.bojanowicz-bablok@ios.edu.pl
[2] Aleksandra Hajduk, Institute of Environmental Protection – National Research Institute, aleksandra.hajduk@ios.edu.pl

P.40

Evaluation of the physico-chemical properties and ecotoxicity of a growing medium composed of crushed construction waste and compost – preliminary studies

Agnieszka Baran[1], Tessema Bibo[2], Krzysztof Gondek[3]

Recycling waste materials into growing media aligns with the principles of the circular economy, where waste is transformed into valuable resources instead of being discarded. Construction, demolition, and organic waste are increasingly being recognized as valuable components of growing media in agriculture, horticulture, and environmental remediation, particularly in the context of reducing peat use. The aim of the study was to evaluated physicochemical properties, nutrient availability, and ecotoxicity of poultry manure composts mixed with crushed bricks and silica smectite clay.

In the incubation experiment, substrates were prepared by mixing compost 1 (CPM) and compost 2 (CPMB) with crushed bricks (CB) and silica smectite clay (SSC) in dry matter proportions: 60% compost, and 35% CB and 5% SSC; 20% compost and 75% CB and 5% SSC. In addition, treatments with compost alone: CPM and CPMB were used as a control treatment. After 90 days incubation in the martials was determined: pH, electrical conductivity, total organic carbon, cation exchange capacity, and total and available content of elements. The ecotoxicity of the substrates was assessed using two biotests: Phytotoxkit, and Microtox.

The studies were demonstrated that substrates composed of compost and crushed construction materials can be effectively engineered to achieve a balance of fertility, structural stability and environmental safety. Moderate proportions of compost suppled organic matter, nutrients, and cation exchange capacity, while the crushed bricks and silica smectite clay enhanced the structure, pH, and stability of the substrate. However, increasing the proportion of crushed construction materials diluted organic matter and reduced the availability of key macronutrients/micronutients. Based on the toxicity assessment, the CMP100% preparations have been assigned to toxicity class III, meaning they are toxic, whilst the CPM60% CB35% SSC5% and CPM20% CB75% SSC5% preparations have been assigned to class II, meaning they are slightly toxic. All CPMB-based substrates were classified as belonging to toxicity class I, which means that these samples are non-toxic. Although the results obtained are promising, they are based on preliminary studies and require further analysis, particularly regarding the effect of substrates on plant growth under real conditions.

KEYWORDS | compost, recycling of construction waste, chemical composition of mixtures, ecototoxicity

FUNDING SOURCE

The research was financed by institutional funds from the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Poland, which were allocated to the University of Agriculture in Krakow.

[1] Prof. dr hab. Agnieszka Baran, Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agricultural in Krakow, agnieszka.baran@urk.edu.pl
[2] Mgr Tessema Bibo, Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agricultural in Krakow
[3] Prof. dr hab. Krzysztof Gondek, Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agricultural in Krakow

IOŚ-PIB
Instytut Ochrony Środowiska
Państwowy Instytut Badawczy