

PANorama

ODDZIAŁU POLSKIEJ AKADEMII NAUK
W OLSZTYNIE I W BIAŁYMSTOKU

Nr 1 (35) 2026

www.panorama.olsztyn.pan.pl

- 
- 2** Uroczystość rozdania Nagród Naukowych
Olga Sulecka-Piotrowska
- 4** Charakterystyka proteomu i fosfoproteomu układu rozrodczego ryb w kontekście infekcji bakteryjnych i kriokonserwacji
Prof. dr hab. Mariola Dietrich
- 7** Styl poetycki Cypriana Norwida w przekładzie na język niemiecki. Studium teorii i praktyki translacji wiersza
Dr hab. Tomasz Żurawlew, Instytut Językoznawstwa UWM
- 9** Dobre bakterie, złe skutki – druga twarz probiotyków
Dr Anna Maria Ogródowczyk
- 12** Efekt konia trojańskiego, czyli mikroplastiki w wodzie – jak sobie z nimi radzić?
Dr Justyna Kapelewska



Od lewej: dr hab. inż. Edyta Pawluczuk; Prezes Oddziału prof. dr hab. Andrzej Cierieszko; prof. dr hab. Teresa Astramowicz-Leyk; Prezes PAN prof. dr hab. Marek Konarzewski; dr hab. Tomasz Żurawlew; prof. dr hab. Mariola Dietrich; dr Marek Jagodziński; dr Tomasz Jacheć

OLGA SUŁECKA-PIOTROWSKA

Uroczystość rozdania Nagród Naukowych

27 lutego 2026 roku o godz. 11.00, podczas 33. sesji Zgromadzenia Ogólnego Członków Oddziału PAN w Olsztynie i w Białymstoku z siedzibą w Olsztynie, odbyła się Uroczystość rozdania Nagród Naukowych Oddziału za rok 2025 (IX Edycja). Swoją obecnością uświetnili ją: Prezes Polskiej Akademii Nauk, prof. Marek Konarzewski, Kanclerz Polskiej Akademii Nauk, Pani Monika Kallista

oraz prof. dr hab. Monika Kaczmarek, Dyrektor InLife Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN.

Kapituła Nagrody Naukowej w składzie: prof. dr hab. Andrzej Cierieszko (Przewodniczący), dr hab. Krzysztof Bryl, prof. UWM, prof. dr hab. Zbigniew Chojnowski, prof. dr hab. Leonarda Dacewicz, prof. dr hab. Jan Kotwica, prof. dr hab. Agnieszka Wilczewska, prof. dr hab. Sławomir Wołczyński, prof. dr hab. Adam Zięćcik, zdecydowała o przyznaniu następujących Nagród:

- w kategorii nauki społeczne i humanistyczne:
 - Dr hab. Tomasz Żurawlew, Instytut Językoznawstwa, Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, za: Monografię pt. „Styl poetycki Cypriana Norwida w przekładzie na język niemiecki. Studium teorii i praktyki translacji wiersza”.
- w kategorii nauki biologiczne, rolnicze i medyczne:
 - Prof. dr hab. Mariola Dietrich, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie za: osiągnięcie naukowe pt. „Charakterystyka proteomu i fosfoproteomu



Od lewej: dr Tomasz Jacheć; Prezes PAN prof. dr hab. Marek Konarzewski; prof. dr hab. Mariola Dietrich; dr hab. Tomasz Żurawlew; prof. dr hab. Teresa Astramowicz-Leyk; dr hab. inż. Edyta Pawluczuk



Od lewej: Prezes PAN prof. dr hab. Marek Konarzewski; dr hab. Tomasz Zurawlew; Prezes Oddziału prof. dr hab. Andrzej Ciereszko



Od lewej: Prezes PAN prof. dr hab. Marek Konarzewski; prof. dr hab. Mariola Dietrich; Prezes Oddziału prof. dr hab. Andrzej Ciereszko



Od lewej: Prezes PAN prof. dr hab. Marek Konarzewski; dr hab. inż. Edyta Pawluczuk; Prezes Oddziału prof. dr hab. Andrzej Ciereszko

układu rozrodczego ryb w kontekście infekcji bakteryjnych i kriokonserwacji” w postaci cyklu publikacji;

■ w kategorii nauki ścisłe, techniczne i nauki o Ziemi:

- Dr hab. Inż. Edyta Pawluczuk, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku, Politechnika Białostocka za: opracowanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie przetwarzania odpadów budowlanych w wysokiej jakości komponenty do kompozytów cementowych.

Kapituła Nagrody postanowiła również przyznać siedem wyróżnień, które otrzymali:

■ w kategorii nauki biologiczne, rolnicze i medyczne:

- Prof. dr hab. n. med. Marcin Mycko, Wydział Lekarski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, za: Publikacje naukowe w latach 2022-2024 poszerzające wiedzę na temat mechanizmów rozwoju stwardnienia rozsianego (*sclerosis multiplex, Sm*);

■ w kategorii nauki społeczne i humanistyczne:

- Dr Tomasz Mikołaj Jacheć, Katedra Literatur i Kultur Anglojęzycznych, Instytut Literaturoznawstwa, Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, za: monografię pt. „The Myth of Michael Jordan in Popular Culture (Mit Michaela Jordana w kulturze popularnej)”;

- Prof. dr hab. Mariusz Rutkowski, Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, za: Monografię pt. „Wojownik, poeta, kapłan. Onimiczne figury polskości w nazwach ulic”;
- Dr hab. Karol Łopatecki, prof. UwB, Wydział Stosunków Międzynarodowych, Uniwersytet w Białymstoku, za: Monografię pt. „Wojna jako nauka. Organizacja pola bitwy w kontekście rewolucji w mustrze (XVI-XVII wiek)”.
- Dr hab. Monika Anna Bednarczuk, prof. UwB, Wydział Filologiczny, Uniwersytet w Białymstoku, za: Monografię pt. „Między Wilnem, Uralem a Petersburgiem. Transfer wiedzy, asymetrie kulturowe i polityka w końcu XVIII i pierwszej połowie XIX wieku”;
- Dr Marek Jagodziński, Muzeum Archeologiczno-Historyczne w Elblągu, za: V tom „Studiów nad Truso” Janów Pomorski Stan.1. Struktura i zabudowa strefy portowej. Wyniki badań archeologicznych w latach 2000-2008.
- Prof. dr hab. Teresa Astramowicz-Leyk, prof. UWM, Wydział Nauk Społecznych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, za: Monografię pt. „Rozmowy z ojcem. Z biografii politycznej rodu Kulerskich”.

Nagrodzonym i wyróżnionym naukowcom serdecznie gratulujemy i życzymy wielu kolejnych sukcesów badawczych.



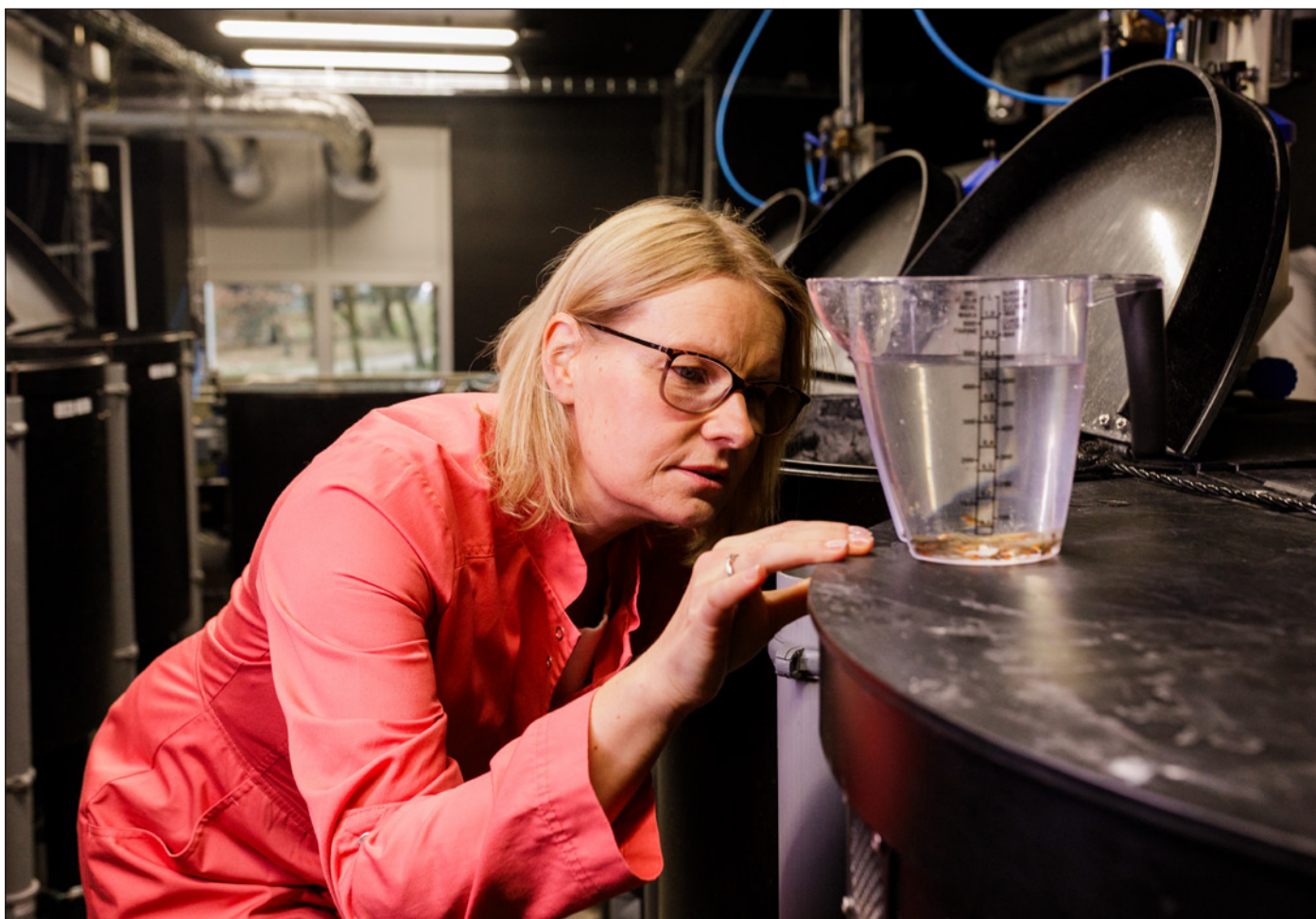
Od lewej: Prezes PAN prof. dr hab. Marek Konarzewski; prof. dr hab. Teresa Astramowicz-Leyk; Prezes Oddziału prof. dr hab. Andrzej Ciereszko



Od lewej: Prezes PAN prof. dr hab. Marek Konarzewski; dr Tomasz Jacheć; Prezes Oddziału prof. dr hab. Andrzej Ciereszko



Od lewej: Prezes PAN prof. dr hab. Marek Konarzewski; dr Marek Jagodziński; Prezes Oddziału prof. dr hab. Andrzej Ciereszko



Rys. 1. Kontrola rozrodu ryb w warunkach hodowlanych – obserwacja narybku podczas badań [zdjęcie wykonane w Instytucie Rybactwa Śródlądowego (IRS) w Olsztynie – partner InLife].

MARIOLA DIETRICH

INLIFE INSTYTUT ROZRODU ZWIERZĄT I BADAŃ ŻYWNOŚCI POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Charakterystyka proteomu i fosfoproteomu układu rozrodczego ryb w kontekście infekcji bakteryjnych i kriokonserwacji

Skuteczność rozrodu ryb zależy od precyzyjnie regulowanych procesów zachodzących na poziomie komórkowym i molekularnym. U większości gatunków zapłodnienie odbywa się w środowisku wodnym, a jego skuteczność zależy nie tylko od samych gamet, plemników i ikry, ale także od płynów, które je otaczają, takich jak plazma nasienia i płyn jajnikowy. Jakość materiału rozrodczego może się zmieniać pod wpływem czynników

środowiskowych i technologicznych. W praktyce akwakultury szczególne znaczenie mają dwa z nich: infekcje bakteryjne, które pogarszają kondycję stad, oraz kriokonserwacja, niezbędna do długoterminowego zabezpieczenia materiału genetycznego. Rozwój metod proteomicznych umożliwia dziś ocenę tych zjawisk poprzez analizę składu białkowego (proteom) gamet i ich środowiska oraz zmian regulacyjnych, takich jak fosforylacja białek.

Właśnie tym zagadnieniom poświęcony był nagrodzony cykl pięciu publikacji, który zrealizowałam w InLife w Olsztynie. Cykl ten przedstawia molekularne podstawy jakości gamet jesiotra syberyjskiego i karpia w dwóch kluczowych kontekstach: odpowiedzi na zakażenie bakteryjne oraz przechowywania materiału genetycznego w warunkach kriogenicznych. Badania, realizowane w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, łączą elementy biologii rozrodu, immunologii i proteomiki, tworząc interdyscyplinarne ujęcie problemu jakości materiału rozrodczego w akwakulturze i ochronie gatunków.

JESIOTR SYBERYJSKI – MAPY BIAŁKOWE GAMET I ICH ŚRODOWISKA

Szczególne miejsce w moich badaniach zajmuje jesiotr syberyjski, gatunek reliktowy o specyficznej biologii rozrodu. U jesiotra zachowany jest akrosom, struktura utracona u większości ryb kostnoszkieletowych, a proces zapłodnienia charakteryzuje się złożonym mechanizmem interakcji plemnika z komórką jajową. W obliczu drastycznego spadku liczebności populacji jesiotrów na świecie zrozumienie mechanizmów decydujących o jakości ich gamet i skuteczności rozmnażania stało się jednym z istotnych wyzwań współczesnej biologii i akwakultury. Prowadzone przeze mnie badania pozwoliły stworzyć najbardziej kompletny jak dotąd katalog białek plazmy nasienia jesiotra syberyjskiego. Zidentyfikowaliśmy 665 białek, a analiza ich funkcji wykazała, że plazma nasienia nie jest jedynie środowiskiem transportującym

plemniki, lecz aktywnym układem regulacyjnym. Białka te chronią plemniki, wspierają utrzymanie integralności ich błon oraz uczestniczą w procesach energetycznych i interakcjach z komórką jajową. Co istotne, część z nich tworzy stabilne kompleksy, co wskazuje na uporządkowaną organizację funkcji, a nie przypadkową mieszaninę składników.

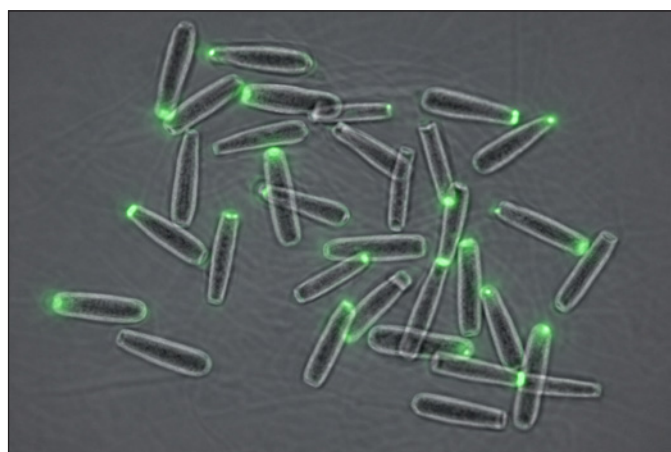
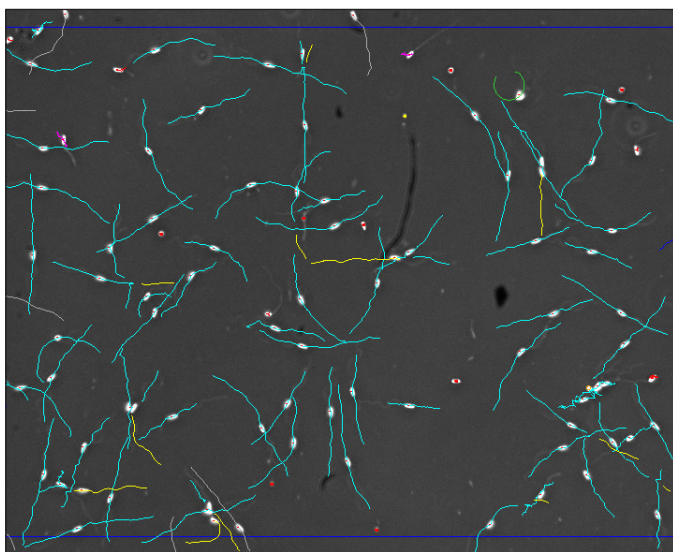
Uzupełnieniem charakterystyki męskiego układu rozrodczego była analiza żeńskiego środowiska rozrodczego, płynu jajnikowego i ikry. Zidentyfikowano setki białek w obu tych komponentach, a ich porównanie wykazało wyraźne zróżnicowanie funkcjonalne. Płyn jajnikowy był szczególnie bogaty w białka związane z odpowiedzią immunologiczną oraz regulacją dojrzewania oocytów, natomiast w ikrze dominowały białka metaboliczne i strukturalne, kluczowe dla zapłodnienia i wczesnego rozwoju zarodkowego.

KRIOKONSERWACJA – GDY RUTYNOWE PARAMETRY JAKOŚCI ZAWODZĄ

Kriokonserwacja stanowi jedno z podstawowych narzędzi ochrony zasobów genetycznych, zarówno w hodowli, jak i w programach restytucyjnych gatunków zagrożonych. Zamrażanie plemników w temperaturze ciekłego azotu (-196°C) umożliwia ich długoterminowe przechowywanie, jednak proces ten wiąże się z ryzykiem uszkodzeń komórkowych. W przypadku jesiotra stosuje się dwa główne krioprotektanty, dimetylosulfotlenek (DMSO) oraz metanol, które przenikają do wnętrza komórki i mają chronić



Rys. 2. Jesiotr syberyjski (*Acipenser baerii*) podczas rutynowych zabiegów hodowlanych związanych z pobieraniem nasienia (zdjęcie wykonane w Zakładzie Hodowli Ryb Jesiotrowatych IRS – partner InLife).



Rys. 3. Ocena jakości nasienia jesiotra syberyjskiego w badaniach laboratoryjnych. (A) Trajektorie ruchu plemników rejestrowane metodą komputerowej analizy ruchu plemników. (B) Obraz mikroskopowy plemników z wybarwionym akrosomem.

jej struktury. Dotychczas skuteczność kriokonserwacji oceniano głównie na podstawie parametrów ruchliwości plemników. Moje badania wykazały jednak, że standardowe wskaźniki jakości, takie jak ruchliwość, żywotność czy integralność akrosomu, nie zawsze odzwierciedlają rzeczywistą zdolność zapładniającą. Mimo porównywalnych parametrów jakości nasienia po rozmrożeniu, zastosowanie różnych krioprotektantów prowadziło do wyraźnie odmiennych wyników wylęgu. Szczególnie niekorzystne efekty obserwowano w przypadku DMSO. Analiza proteomu wykazała, że kriokonserwacja prowadzi do głębokiej przebudowy składu białkowego plemników, a rodzaj krioprotektanta różnicuje zakres i charakter tych zmian, zwłaszcza w odniesieniu do białek kluczowych dla zapłodnienia i wczesnego rozwoju zarodka.

ZMIANY FOSFORYLACJI BIAŁEK – MOLEKULARNY ŚLAD KRIOUSZKODZEŃ

Ważnym elementem badań była również analiza profilu fosforylacji białek (fosfoproteomu) plemników jesiotra. Zidentyfikowano ponad 1600 miejsc fosforylacji w białkach świeżego nasienia, co pozwoliło lepiej zrozumieć mechanizmy regulujące ruch plemników i ich interakcję z komórką jajową. Wykazano także, że kriokonserwacja powoduje zmiany w fosforylacji białek plemnikowych, wpływając na aktywność białek zaangażowanych m.in. w reakcję akrosomalną oraz organizację jądra komórkowego. W przypadku DMSO zmiany te były szczególnie nasilone i korelowały z obniżoną skutecznością zapłodnienia na etapie wylęgu. Wyniki te wskazują, że wybór krioprotektanta determinuje nie tylko przeżywalność plemników, lecz także ich funkcjonalną kompetencję.

INFEKCYJA BAKTERYJNA A ŚRODOWISKO PLEMNIKÓW

Drugim obszarem badań była analiza wpływu infekcji bakteryjnej na proteom plazmy nasienia karpia, gatunku o istotnym znaczeniu gospodarczym. Infekcje bakteryjne stanowią poważny problem w akwakulturze, prowadząc do strat ekonomicznych i obniżenia jakości materiału rozrodczego. Wykazaliśmy, że zakażenie bakterią *Aeromonas salmonicida* prowadzi do wyraźnych zmian w składzie białkowym plazmy nasienia, odzwierciedlających aktywację odpowiedzi immunologicznej w jądrze. W plazmie nasienia wykryto także 21 białek pochodzenia bakteryjnego, co wskazuje, że ogólnoustrojowa infekcja może oddziaływać również na środowisko plemników. Obserwowano także zmiany w poziomie białek wiążących toksyny oraz witellogeniny, białka zwykle kojarzonego z samicami, co sugeruje aktywację nietypowych mechanizmów obronnych. Odkrycia te otworzyły nowe perspektywy w diagnostyce dobrostanu ryb oraz w poszukiwaniu biomarkerów infekcji i stresu.

ZNACZENIE PRAKTYCZNE

Uzyskane wyniki poszerzają wiedzę na temat molekularnych mechanizmów regulujących jakość gamet ryb oraz ich odpowiedzi na stres środowiskowy i technologiczny. Zidentyfikowane białka stanowią potencjalne markery jakości nasienia, kriouszkodzeń oraz infekcji układu rozrodczego. Za cykl publikacji poświęconych molekularnym podstawom jakości gamet ryb w warunkach infekcji i kriokonserwacji otrzymałam Nagrodę Kapituły Nagrody Naukowej Oddziału PAN w Olsztynie i w Białymstoku.

DR HAB. TOMASZ ŻURAWLEW, INSTYTUT JĘZYKOZNAWSTWA UWM

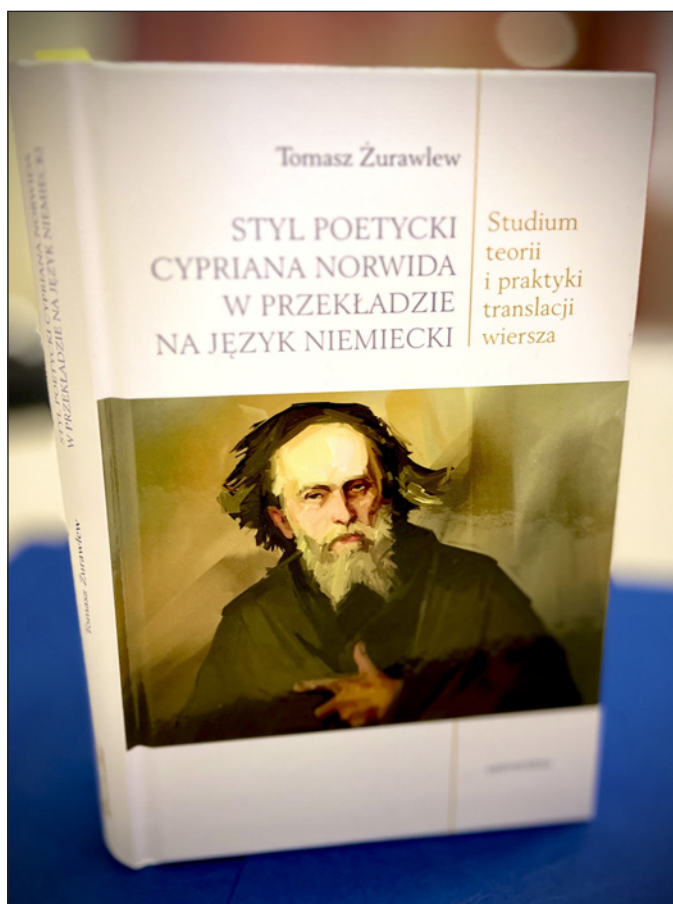
Styl poetycki Cypriana Norwida w przekładzie na język niemiecki. Studium teorii i praktyki translacji wiersza

(Wyd. Universitas, Kraków 2024)

Książka jest pierwszą na naukowym rynku wydawniczym publikacją w całości poświęconą problematyce niemieckojęzycznego transferu stylu poezji Cypriana Norwida. Autor na podstawie analizy serii translatorskich wybranych utworów przedstawił i opisał owocne strategie tłumaczenia głównych kategorii stylu

poety, m.in. ironii, paraboliczności, hieratyczności i neologiczności. Z podjętych badań zostały wyciągnięte wnioski, które mogą być użyteczne dla potencjalnych tłumaczy Norwida, oraz konkluzje bardziej ogólne – przydatne teoretykom, dydaktykom i krytykom przekładu poetyckiego, zainteresowanym zagadnieniem przenoszenia w inny obszar językowy znaków stylowości liryki. Sformułowana w monografii translato logiczna koncepcja stylu artystycznego nie tylko dostarcza wiedzy o tym, czym on jest jako kategoria lingwistyki tłumaczenia wiersza, lecz również pomaga zrozumieć wypróbowany w części analitycznej sposób badania relacji wiążącej styl przekładu ze stylem oryginału.

Zamieszczone w pracy wnioski wieńczące analizy poszczególnych serii tłumaczeń pozwoliły autorowi stwierdzić, że styl jest sfunkcjonalizowanym systemem znakowym, sprowadzającym się w procesie przekładu wiersza przede wszystkim do konkretnych właściwości idiosylu poety. System ten dał się rozpoznać jako konstrukt poznawczy, który stanowiąc odcisniętą w tekście oryginału pochodną tych właściwości – inaczej: kategorii stylistycznych – wyznacza w relacji do niej oraz jego treści funkcję przekładu. Funkcjonalność tego konstrukt w tekście docelowym współzależny wobec tego od stopnia oddziaływania na sens danej kategorii (np. ironii, aluzyjności, neologiczności i innych) i sprowadza się do sposobu, w jaki została ona przetransferowana z tekstu wyjściowego. Badania potwierdziły, że funkcje translato logicznie ujmowanego stylu dają się również wyjaśnić poprzez



odwołanie do różnych wymiarów poznania, m.in. reguł rządzących percepcją tekstu tłumaczenia i jego przyswajaniem w kulturze docelowej, uwarunkowań sięgających przeszłości języka docelowego czy zależności wynikających z procesów sterowania uwagą tłumacza/interpretatora/czytelnika. Ważnym rozpoznaniem autora jest to, że określone kategorie danego stylu osobniczego pozwalają się zidentyfikować na różnych poziomach stratyfikacji tekstu wyjściowego i/lub w płaszczyźnie jego motywacji. Są zatem w swojej istocie niejednorodne i jako takie określają tłumaczowi stylistyczno-językowe ramy czynności translatorskich. Zawsze wtedy, gdy czynność przekładu podejmowana jest ze świadomością wykrystalizowanych – nade wszystko potwierdzonych empirycznie – cech danego stylu osobniczego, a efekty tej świadomości są realnie postrzegalne w tekście tłumaczenia, należy zdaniem autora przyjąć, że podstawowy warunek translacji świadomej stylistycznie został spełniony.

Przeprowadzone analizy potwierdziły ponadto rozpoznanie, że związek stylu oryginału ze stylem twórcy oraz tradycją poetycką jest dla procesu przekładu liryki zależnością znajdującą swoje uzasadnienie ontyczne i poznawcze. Niedostrzeżenie tej zależności uznaje się w konkluzjach badań za nieprawidłowość i stwierdza, że wzajemne sprzężenie wymienionych aspektów winno być w tym procesie rozumiane jako jedna z jego przyczyn sprawczych, jeśli tłumaczowi przyświeca cel stworzenia przekładu jako związanego z oryginałem obiektu interpretacji. Przygotowanie takiego tłumaczenia ma swoje skutki podmiotowe, tzn. odtwarzany w czynnościach przekładowych styl winien w ujęciu autora pozostawać kategorią zapośredniczającą światopoglądową i poznawczą postawę poety – nie jego tłumacza. W sformułowanej koncepcji wyraża się stanowisko, że tę powinność determinuje nie tylko wymóg lojalności tłumacza wobec twórcy przekładanego dzieła, lecz również potrzeby poznawcze odbiorców tłumaczenia oraz racje przemawiające za budzeniem postawy otwartości i tolerancji względem tego, co zrodziła kultura wyjściowa.

Zrealizowane badania pozwoliły ponadto stwierdzić, że stylistycznie adekwatny przekład wiersza bynajmniej nie oznacza braku śladów stylu tłumacza. Sam fakt jego obecności jako pośrednika w transferze językowo-kulturowym zakłada ich występowanie. Owocne strategie transferu stylowych jakości języka Norwida pomogły jednak ustalić

warunki neutralizacji oddziaływania tych śladów na odtwarzany w przekładzie sens. Wedle wykładni autora monografii ślady stylu tłumacza nie modyfikują sensu oryginału na pewno wtedy, kiedy ten rekonstruował go, kierując się punktem widzenia zapośredniczonym w stylistyczno-językowych parametrach mowy podmiotu lirycznego – jego perspektywą oglądu rzeczywistości. Pokazały to wyraźnie przekłady utworów, w których perspektywa ta sterowała uwagą tłumaczy mierzących się z kategorią ironii, paraboliczności czy hieratyczności. Udało się w związku z tym ustalić, że translatologicznie rozumiany styl jest nie tylko konstruktem poznawczym i podmiotowym, lecz również sprowadzalnym do sposobu myślenia i widzenia rzeczy przez osobę mówiącą w oryginale. Stopień rzeczony sprowadzalności zależy już jednak od tłumacza, a ściślej od tego, czy pozwoli się on kierować przez stylistyczno-językowe wykładniki tego sposobu i w relacji do nich – a nie własnego punktu widzenia – podjąć decyzje w zakresie doboru środków wyrazu. Wiedzy na temat tego, jakie decyzje ostatecznie podjął, dostarcza wyszczególniona i umówiona w monografii sprawozdawcza funkcja stylu przekładu.

Warto podkreślić jeszcze, że stworzona w książce przekładoznawcza koncepcja stylu artystycznego nie dotyczy jedynie form wyrazowych współtworzących treści przeznaczone do przekładu czy też już przełożone. Bynajmniej nie chodzi w niej tylko o fakturę tekstu rozumianą jako zewnętrzny przejaw jego funkcjonowania, którą ma się nie rzadko na myśli w rozważaniach istoty międzyjęzykowego transferu określonych jakości stylowych. Zaproponowana koncepcja sięga głębiej i obejmuje postrzegalny w mowie podmiotu sposób widzenia realiów w wymiarze przestrzennym i symbolicznym, uświadamiając konieczność namysłu nad przenoszeniem w inny obszar językowy aksjologicznych nacechowań wyrazów.

Książka adresowana jest m.in. do miłośników poezji Cypriana Norwida, obecnych i potencjalnych tłumaczy zainteresowanych problematyką jej translacji, a także badaczy/germanistów, których zajmuje kwestia lingwistyki przekładu artystycznego oraz zagadnienia recepcji tłumaczeń literatury słowiańskiej w innych krajach. Autor zakłada, że ci z nich, którzy traktują przekład jako związany z oryginałem obiektu interpretacji, odkryją w jego monografii inspiracje do własnych badań.



DR ANNA MARIA OGRODOWCZYK

Dobre bakterie, złe skutki – druga twarz probiotyków

WSTĘP

Probiotyki od lat zajmują ważne miejsce w dietetyce i naukach o żywności. Postrzegamy je jako element wspierający zdrowie jelit, odporność i równowagę mikrobioty. Ich obecność w fermentowanych produktach mlecznych i suplementach diety stała się standardem, a ich stosowanie – powszechną praktyką. Jednak dopiero rozwój nowoczesnych metod biologii molekularnej, proteomiki i immunologii, pozwolił spojrzeć na probiotyki z większą precyzją i zrozumieć, że ich działanie jest znacznie bardziej złożone, niż dotąd sądzono. Okazuje się, że nawet „dobre bakterie” mogą w pewnych warunkach wywoływać niepożądane

reakcje, a ich wpływ na organizm zależy od szeregu czynników, które dopiero zaczynamy poznawać. W obszarze szczególnych zainteresowań wielu naukowców leżą interakcje drobnoustrojów ze składnikami żywności.

Główny kierunek badań dr Anny Marii Ogrodowczyk stanowi poznanie interakcji pomiędzy bioaktywnymi składnikami diety, mikroorganizmami probiotycznymi obecnymi w żywności fermentowanej a odpowiedzią immunologiczną gospodarza. Dr Ogrodowczyk kieruje grupą realizującą projekt Narodowego Centrum Nauki, którego celem jest zrozumienie, jak białka bakterii kwasu mlekowego, hodowanych w różnych środowiskach

o zróżnicowanej zawartości lipidów, zmieniają swoje właściwości oraz w jaki sposób te zmiany wpływają na organizm człowieka. To właśnie rola lipidów jako modulatorów profilu białek bakteryjnych i ich immunoreaktywności stanowi centralny punkt prowadzonych badań.

PROBIOTYK PROBIOTYKOWI NIERÓWNY

Choć probiotyki są szeroko stosowane, Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) nie zatwierdził dotąd żadnego oświadczenia zdrowotnego dotyczącego ich działania. Wynika to nie z braku potencjalnych korzyści, lecz z ogromnej zmienności ich efektów. Działanie probiotyków zależy nie tylko od właściwości konkretnego szczepu, lecz także od kondycji organizmu, który je przyjmuje, oraz od warunków, w jakich bakterie były hodowane przed sprzedażą. Reakcja na probiotyki bywa ponadto kwestią osobniczą.

W literaturze opisano przypadki bakteriemii, sepsy czy *endocarditis* wywołanych przez szczepy probiotyczne, zwłaszcza u osób z ciężką immunosupresją, wcześniaków czy pacjentów z uszkodzoną barierą jelitową. Szczególnie znane jest badanie PROPATRIA, w którym u chorych z ostrym zapaleniem trzustki podawanie probiotyków wiązało się ze zwiększoną śmiertelnością. Choć są to sytuacje rzadkie, pokazują, że probiotyki nie są uniwersalnie korzystne i wymagają świadomego, odpowiedzialnego stosowania.

MIKROORGANIZMY JAKO MIKROFABRYKI BIAŁEK

Kluczem do zrozumienia tej niejednoznaczności jest fakt, że bakterie są niezwykle aktywnymi producentami białek. W porcji żywności fermentowanej lub probiotyku znajduje się od kilkadziesiątu do kilkuset miligramów białek mikrobiologicznych, z których wiele to białka wielofunkcyjne. Te białka mogą działać jako enzymy, elementy strukturalne, białka adhezyjne czy sygnałowe zależnie od ich lokalizacji oraz od szczepu, który je produkuje. Przykładem takiego białka jest enolaza, enzym glikolityczny, który u drożdży pełni także funkcje związane z fuzją wakuoli i importem mitochondrialnego tRNA, a u bakterii patogennych, takich jak *Streptococcus pneumoniae*, wiąże plazminogen i wspiera kolonizację tkanek. W pewnych warunkach enolaza może również indukować wydzielanie przeciwciał IgE, co czyni ją potencjalnym modulatorem nadwrażliwości.

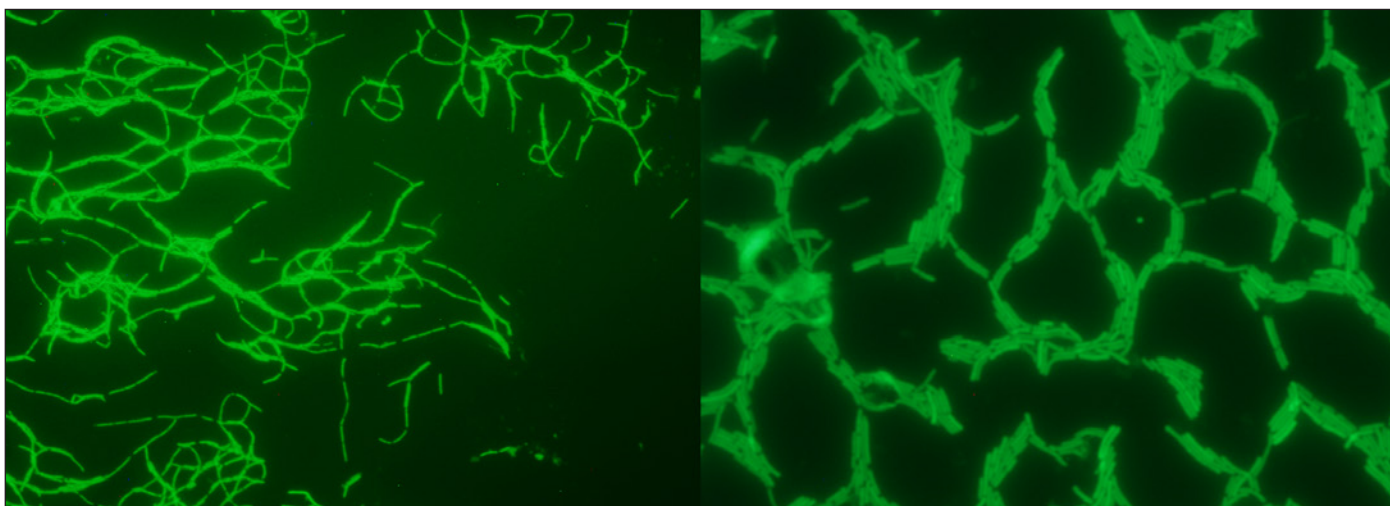
Układ odpornościowy zwykle toleruje obecność białek bakterii probiotycznych, jednak ich struktura bywa zaskakująco

podobna do białek patogenów, a w określonych warunkach może się do nich dodatkowo upodabniać. Immunoreaktywność białek mikroorganizmów stanowi główny obszar badań dr Anny Marii Ogrodowczyk. Już w pracy opublikowanej przez zespół w „Food Research International” w 2016 roku wykazano, że środowisko wzrostu bakterii, zwłaszcza profil i zawartość lipidów w matrycy mlecznej, istotnie wpływa na profil białek bakteryjnych i ich immunoreaktywność. Właśnie wtedy po raz pierwszy opisano enzym metabolizmu lipidów silnie immunoreaktywny w testowanym szczepie *L. casei*, hodowanym w maślanca, a niemal niewykrywalny w tym samym szczepie hodowanym w mleku pełnym (3,2% tłuszczu). Odkrycie to stało się podstawą obecnego projektu NCN, w którym dr Ogrodowczyk bada, jak lipidy modulują bakteryjny proteom i kształtują odpowiedź immunologiczną gospodarza.

WRAŻLIWOŚĆ BAKTERII NA ŚRODOWISKO I KONSEKWENCJE DLA ZDROWIA

Bakterie reagują na środowisko niezwykle dynamicznie. Zmiana pH, dostępność laktozy czy stres trawienny prowadzą do przebudowy ich profilu białkowego. Co ciekawe, profil lipidów matrycy może albo łagodzić niektóre z powyższych czynników stresu, bądź też stanowić induktor stresu. Zjawisko to dr Ogrodowczyk opisała w najnowszej pracy przeglądowej opublikowanej w 2026 roku w czasopiśmie „Animals”. W cytowanym przeglądzie prac wskazuje m.in. na zjawisko, w którym popularny szczep probiotyczny *Lactis casei* w warunkach wahań pH oraz w obecności fosfolipidów produkuje dziesiątki białek związanych z przeżywalnością i adhezją. Jego adhezja wzrasta do tego stopnia, że może być wręcz powodem penetracji przez naruszoną barierę jelitową. Nie oznacza to jednak, że probiotyki stają się groźne, lecz to, że ich zachowanie jest plastyczne, a my musimy zrozumieć te mechanizmy, jeśli chcemy projektować bezpieczną żywność fermentowaną i probiotyczną.

Układ odpornościowy człowieka uczy się tolerancji na białka mikrobioty już w życiu płodowym, a proces ten stabilizuje się w drugim roku życia. Jednak u osób z zaburzoną regulacją immunologiczną, np. w chorobach związanych z nadwrażliwością (najczęstszą jej postacią jest alergia), ta tolerancja może być osłabiona. W takich przypadkach nawet białka „dobrych bakterii” mogą być traktowane przez organizm jak zagrożenie. Badania prowadzone w ramach projektu NCN prowadzonego przez dr Annę Ogrodowczyk pokazują, że reakcja na białka bakterii



Ryc. 1. Wpływ profilu lipidów matrycy na morfologię i aktywność komórek *Lactocaseibacillus casei*.

kwasy mlekowe może być związana nie tylko ze specyficzną alergią, lecz z ogólną nadreaktywnością IgE/IgG1-zależną, typową dla osób z zaburzoną osią regulatorową, np. w obrębie ścieżki MyD88–ROR γ t. Taka nadreaktywność leży u podłoża m.in. chorób atopowych, zapalnych i autoagresji.

PROJEKT NCN – JAK LIPIDY MLEKA PROGRAMUJĄ BIAŁKA BAKTERII

W realizowanym projekcie Narodowego Centrum Nauki (2021/43/D/NZ9/02814) badany jest wpływ lipidów mleka na ekspresję białek bakterii kwasu mlekowego i ich immunoreaktywność. Zespół prowadzony przez dr Ogródowczyk prowadzi prace obejmujące trzy gatunki bakterii powszechnie stosowane w technologii żywności: *L. casei*, *L. bulgaricus* i *L. rhamnosus*. Bakterie hodowane są w warunkach imitujących różne matryce mleczne, a następnie ich białka są izolowane, identyfikowane i testowane pod kątem reaktywności z ludzkimi surowicami i jednojądrzastymi komórkami krwi obwodowej.

Właściwości koktajli białkowych testowane są również w badaniach na liniach ludzkich komórek nabłonka jelitowego o różnym stopniu dojrzałości, a także w modelu mysim BALB/c oraz w badaniach *ex vivo* i *in silico*. Dr Ogródowczyk łączy w projekcie proteomikę, metabolomikę, lipidomikę, immunologię, mikrobiologię żywności i biologię komórki, tworząc jedno z najbardziej kompleksowych podejść do oceny bezpieczeństwa probiotyków. Takie podejście pozwala nie tylko identyfikować immunoreaktywne białka, ale także badać ich wpływ na barierę jelitową, procesy zapalne, apoptozę, autofagię, odpowiedź immunologiczną i wiele innych szlaków.

ZNACZENIE BADAŃ DLA BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOCI I ZDROWIA PUBLICZNEGO

W obliczu rosnącej liczby osób z alergiami, zaburzeniami odporności i chorobami przewodu pokarmowego, badania nad „drugą twarzą” probiotyków nabierają szczególnego znaczenia. Pokazują, że żywność fermentowana i probiotyki, choć korzystne dla zdrowia, wymagają świadomego projektowania i oceny bezpieczeństwa opartej na nowoczesnych narzędziach omiczonych. Jednocześnie otwierają drogę do rozwoju paraprobiotyków, nieżywych mikroorganizmów zachowujących właściwości immunomodulacyjne dzięki zawartym w nich metabolitom i komponentom bakteryjnym, ale pozbawionych ryzyka infekcji. To kierunek, który może okazać się szczególnie ważny dla osób z nadwrażliwością lub zaburzoną odpornością.

PODSUMOWANIE

Probiotyki pozostają ważnym elementem zdrowej diety, ale ich działanie nie jest uniwersalne. Zrozumienie, jak bakterie reagują na środowisko, jakie białka produkują i jak odbiera je układ odpornościowy, pozwala na nie spojrzeć jako na dynamiczne, biologicznie aktywne organizmy, których wykorzystanie wymaga wiedzy i ostrożności, a nie jako na proste rozwiązanie. Badania prowadzone przez grupę dr Anny Marii Ogródowczyk pokazują, że świadome projektowanie żywności fermentowanej może stać się jednym z kluczowych kierunków rozwoju nauk o żywności i zdrowiu publicznym. Dzięki nim możliwe będzie tworzenie produktów bezpiecznych, skutecznych i dopasowanych do potrzeb różnych grup konsumentów, od osób zdrowych po tych, którzy wymagają szczególnej ochrony.

DR JUSTYNA KAPELEWSKA

KATEDRA CHEMII ANALITYCZNEJ I NIEORGANICZNEJ, WYDZIAŁ CHEMII, UNIWERSYTET W BIAŁYMSTOKU

Efekt konia trojańskiego, czyli mikroplastiki w wodzie – jak sobie z nimi radzić?

Zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się produkcja i zastosowanie tworzyw sztucznych stale rośnie. Od lat 50. XX wieku produkcja plastiku na świecie wzrosła z 1,5 do prawie 414 mln ton w 2023 roku. Ponad połowa światowej produkcji tworzyw sztucznych odbywa się w Azji, z czego 33% w Chinach. W krajach Unii Europejskiej oraz Szwajcarii i Norwegii od 2005 roku produkcja plastiku utrzymuje się na mniej więcej stałym poziomie, wynoszącym ok. 60 mln ton rocznie, co stanowi 12% światowego wytwarzania. Tworzywa sztuczne są głównie wykorzystywane w budownictwie, motoryzacji, przemyśle energetycznym, rolnictwie, artykułach gospodarstwa domowego, sporcie i rekreacji.

Jednak największe zapotrzebowanie na materiały polimerowe (prawie 40%) odnotowuje się w sektorze produkcji opakowań. W związku z tym obserwujemy zjawisko ciągłego wzrostu ilości powstających odpadów z tego typu produktów. Spośród pierwotnych odpadów polimerowych najwięcej, bo ponad 26%, stanowią polietylen o niskiej (LDPE) i wysokiej gęstości (HDPE), polipropylen (PP – 19%) oraz polichlorek winylu (PCW – 13%). Fakt ten jest dodatkowo niepokojący, ponieważ są to tworzywa sztuczne wyjątkowo trudne do degradacji, przez co ich obecność w środowisku ulega kumulacji.

KROKI MIŁOWE W POZNAWANIU MIKROPLASTIKÓW

Pierwsze wzmianki o obecności cząstek plastiku (taki termin stosowano wtedy w literaturze fachowej) pojawiły się na początku lat 70. XX wieku w odniesieniu do obecności zanieczyszczeń polimerowych w wodach północno-zachodniego Atlantyku. Dwadzieścia lat później małe fragmenty tworzyw sztucznych nazywano mikroodpadami (ang. *micro-debris*). Ważne doniesienie miało miejsce w 1997 roku, kiedy to Charles Moore poinformował o ogromnym nagromadzeniu plastikowych odpadów na

Północnym Pacyfiku (między Kalifornią a Hawajami), nazwanym Wielką Pacyficzną Plamą Śmieci (WPPŚ). To właśnie ta wiadomość wpłynęła na wzmożony wzrost zainteresowania świata naukowego, jak i środowisk proekologicznych problemem odpadów polimerowych. W 2023 roku szacowało się, że WPPŚ ważył ok. 100 tysięcy ton, zajmując powierzchnię 1,6 mln km², co czyniło ją około pięciokrotnie większą od Polski. U schyłku lat 90. ubiegłego wieku międzynarodowa grupa badaczy w swojej publikacji naukowej zastosowała termin „mikroplastik” do opisu obecności fragmentów polimerów w środowisku morskim. Kilka lat później, w 2004 roku, brytyjski biolog morski Richard Thompson opublikował przełomową pracę *Zaginione na morzu: Gdzie jest ten cały plastik?* (ang. *Lost at Sea: Where is all the plastic?*), w której użył określenia „mikroplastik” do opisu produktów rozkładu fragmentów tworzyw sztucznych w wodzie morskiej oraz osadach. W niektórych źródłach podaje się, że to właśnie ta praca wyznacza początek istnienia terminu „mikroplastik” (ang. *microplastic*, MP). Najważniejsze wydarzenia prowadzące do lepszego poznania mikroplastików przedstawiono na rys. 1.

ŹRÓDŁA I LOSY MIKROPLASTIKÓW W ŚRODOWISKU

Ze względu na wielkość cząstek, plastiki można podzielić na: makroplastiki (>25 mm), mezoplastiki (25 – 5 mm), mikroplastiki



Rys. 1. Kroki milowe w poznawaniu mikroplastików.

(5 mm – 1 mm) oraz nanoplastiki (<1 mm). Mikroplastiki (MPs) mogą przedostawać się do środowiska jako formy pierwotne bądź wtórne. Te pierwotne znalazły zastosowanie jako surowce w produkcji tworzyw sztucznych (szczególnie granulki), w materiałach ściernych w gospodarstwach domowych, w artykułach do higieny i pielęgnacji ciała (np. mikrokulki w pastach do zębów, w środkach peelingujących czy złuszczeniowych) oraz przy produkcji leków. Część pierwotnych MPs jest uwalniana do rzek i estuariów wraz z oczyszczonymi ściekami bytowymi i przemysłowymi. Reszta pierwotnych mikroplastików, wraz z osadem ściekowym jako nawóz, trafia na pola uprawne. Stamtąd po ulewnych deszczach może spływać do zbiorników wodnych.

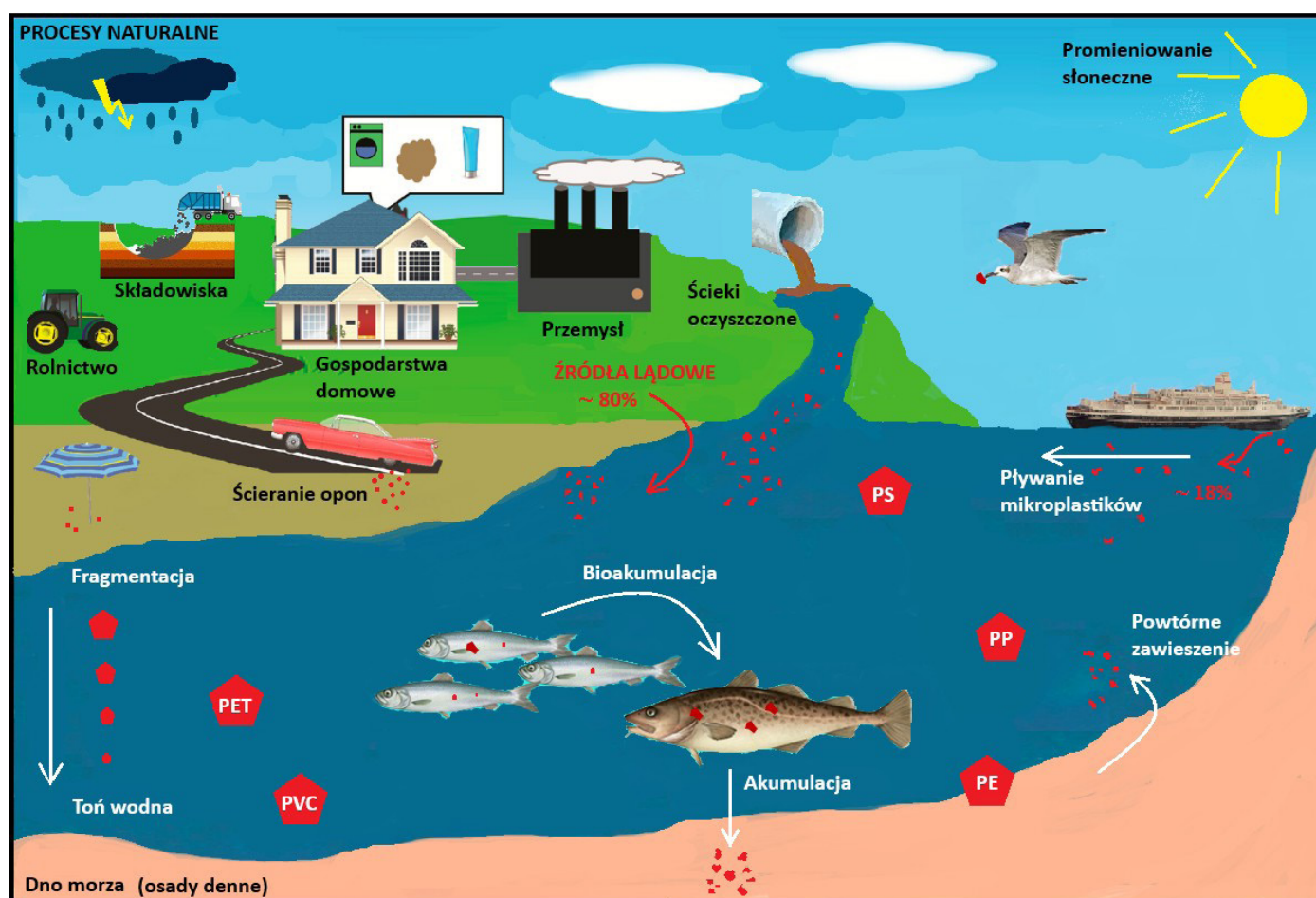
Mikroplastiki wtórne powstają w wyniku rozpadu makro- i mezoplastików na skutek czynników fizycznych (ścieranie prądami morskimi i/lub falami), chemicznych (reakcje rodnikowe inicjowane promieniowaniem UV, oddziaływanie z rozpuszczoną materią organiczną, sorpcja) i/lub biologicznych (kolonizacja przez drobnoustroje, degradacja mikrobiologiczna, oddziaływanie z materią biologiczną). Wtórne MPs są uważane

za największe źródło zanieczyszczenia tymi cząstkami w środowisku wodnym.

Według szacunków 70–80% zanieczyszczeń z tworzyw sztucznych pochodzi ze źródeł lądowych, które transportowane są rzekami do mórz i oceanów. Tam na skutek fizycznej degradacji, fotodegradacji i biodegradacji odpady z plastików powoli rozpadają się na mniejsze fragmenty. Proces degradacji fizycznej może być szybki, jednak biodegradacja może trwać przez całe stulecia. Obecność MPs została odnotowana nawet w arktycznym lodzie morskim i opadzie atmosferycznym. Źródła i losy mikroplastiku w środowisku przedstawiono na rys. 2.

MIKROPLASTIK JAKO KOŃ TROJAŃSKI

Mikrocząstki tworzyw sztucznych dzięki swoim małym rozmiarom i dużej powierzchni właściwej posiadają znakomite zdolności sorpcyjne. Właściwości te przyczyniają się do zatrzymywania na ich powierzchni różnego rodzaju zanieczyszczeń, w tym metali ciężkich i związków organicznych, a następnie



Rys. 2. Źródła i losy mikroplastików w środowisku.

transportu pionowego i poziomego takich substancji i ich desorpcji w zupełnie nowym miejscu. Takie zjawisko w literaturze nazywane jest efektem konia trojańskiego, w nawiązaniu do mitycznego konia, który podstępnie przetransportował greckich wojowników za bramy Troi.

Zjawisko sorpcji zanieczyszczeń na cząstkach tworzyw sztucznych będzie zależało od wielu czynników środowiskowych. Pierwszy z nich to pH wpływające na zmianę właściwości sorbatu i sorbentu. Kolejny czynnik to zasolenie. Wzrost zasolenia zwiększa gęstość i lepkość matrycy, a obecność jonów wapnia i sodu może ograniczać dostęp do miejsc aktywnych. Ostatni parametr to obecność materii organicznej, na której może dochodzić do sorpcji zanieczyszczeń, zmniejszając tym samym sorpcję na MPs. Dodatkowo, może zachodzić konkurencja o miejsca aktywne na powierzchni sorbentu pomiędzy zanieczyszczeniami a materią organiczną, zmniejszając sorpcję tych pierwszych.

Mechanizm sorpcji zależy od właściwości fizykochemicznych sorbentu (mikroplastik) i sorbatu (zanieczyszczenie) oraz stopnia degradacji MP. Doniesienia literaturowe wskazują, że oddziaływanie hydrofobowe głównie odpowiada na adsorpcję niepolarnych lub słabo polarnych zanieczyszczeń na niepolarnych cząsteczkach mikroplastiku (takich jak PE) w środowisku polarnym (takim jak woda). Jednak rzadko zdarza się, aby występował tylko jeden typ tych oddziaływań. Wielu badaczy zaobserwowało, że sorpcja zanieczyszczeń organicznych na powierzchni tworzyw sztucznych jest kombinacją wielu mechanizmów, takich jak wiązania niekowalencyjne (wodorowe i halogenowe), siły van der Waalsa, oddziaływanie elektrostatyczne i π - π , czy mechanizm wypełnienia porów.

POLITYKA ZAPOBIEGAJĄCA ZANIECZYSZCZENIOM MIKROPLASTIKAMI

Na świecie podejmowane są pewne kroki prawne mające na celu zminimalizowanie ilości odpadów polimerowych w środowisku. Pierwszym znaczącym aktem był dokument

uchwalony w 2015 roku w USA, tj. Ustawa o wodach wolnych od mikroplastików (org. Microbead-Free Water Act of 2015), celem zmniejszenia obecności mikrokulek plastikowych pochodzących z produktów higieny osobistej w wodach pitnych. W niedługim czasie podobne ustawy uchwalono w Wielkiej Brytanii, Francji, Włoszech, Szwecji, Belgii, Irlandii, Nowej Zelandii i Republice Korei. W 2017 roku w Kenii wprowadzono zakaz używania plastików jednorazowego użytku oraz wdrożono ograniczenia związane z przewożeniem jakichkolwiek produktów plastikowych przez turystów. Rok później Indie zakazały stosowania jednorazowych opakowań na bazie tworzyw sztucznych (w tym PET). W tym samym roku Europejska Agencja Chemikaliów (ECHA) ograniczyła udział oksydegradowalnych polimerów na mocy przepisów REACH. W 2019 roku Unia Europejska podejmuje jeden z większych kroków mających na celu ograniczenie użycia produktów jednorazowego użytku z tworzyw sztucznych, ustanawiając tzw. Dyrektywę SUP (Single-Use-Plastic). Dodatkowo, w 2022 roku EU zakazuje produkcji toreb jednorazowych oraz wprowadza kaucję na jednorazowe butelki na napoje, a 2 lata później kaucja ta dotyczy także butelek na napoje mleczne. W Polsce dyrektywa SUP jest stopniowo wprowadzana od maja 2023 roku.

PODSUMOWANIE

Obecność mikroplastików jest wciąż niewystarczająco zbadana, jednak już teraz wiadomo, że stanowi poważny problem. Dotychczasowe wyniki badań ilościowych nie dają pełnej wiedzy na temat migracji cząstek tworzyw sztucznych w środowisku wodnym. Jeszcze mniej posiadamy informacji dotyczących ich obecności w glebach. Mikroplastiki charakteryzują się dobrymi właściwościami sorpcyjnymi, co z kolei czyni z nich doskonałe nośniki różnego rodzaju zanieczyszczeń. Nie do końca też poznane są procesy biotyczne i abiotyczne, jakim ulegają MPs, co utrudnia określenie dokładnej roli, jaką pełnią w rozprzestrzenianiu zanieczyszczeń antropogennych w środowisku.