

# AUTOREFERAT

przedstawiający opis  
osiągnięć naukowych  
w związku z ubieganiem się  
o nadanie stopnia doktora  
habilitowanego



dr inż. Andrzej Radosław Reindl

Zakład Toksykologii Środowiska

Wydział Nauk o Zdrowiu z Instytutem Medycyny  
Morskiej i Tropikalnej

Gdański Uniwersytet Medyczny

Gdańsk, 2023

---

**Spis treści**

I.	Imię i nazwisko	2
II.	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	2
III.	Dodatkowe kursy, szkolenia i uprawnienia	2
IV.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	2
V.	Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	3
1.	Tytuł osiągnięcia naukowego	3
2.	Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	3
3.	Przedstawienie celu naukowego wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	5
4.	Analiza bibliometryczna	26
5.	Podsumowanie pozostałego dorobku i osiągnięć naukowych poza cyklem habilitacyjnym	27
5.1.	Pozostały dorobek naukowy	27
5.2.	Realizacja projektów finansowanych zewnętrznie i współpraca z innymi jednostkami naukowymi	32
5.3.	Aktywny udział w konferencjach krajowych i zagranicznych	33
5.4.	Opracowanie recenzji artykułów naukowych	34
5.5.	Wpływ na otoczenie społeczne i gospodarcze	34
5.6.	Dalsze plany naukowe	36
VI.	Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	38
VII.	Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę lub sztukę	39
VIII.	Inne informacje dotyczące kariery zawodowej	39

## **I. Imię i nazwisko**

Andrzej Radosław Reindl  
ORCID: 0000-0001-7806-802X

## **II. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe**

- 2017r. tytuł zawodowy magistra prawa. Wyższa Szkoła Administracji i Biznesu w Gdyni
- 2012r. stopień naukowy doktora nauk o Ziemi w zakresie oceanologii, specjalność: chemia morza nadany uchwałą Rady Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego na podstawie rozprawy:  
*„Metan w osadach powierzchniowych Zatoki Puckiej i Zalewu Wiślanego”*  
Promotor w przewodzie doktorskim: prof. dr hab. Jerzy Bolałek  
Recenzenci: prof. dr hab. Grzegorz Węgrzyn,  
prof. UAM, dr hab. Marek Kruk  
Rozprawa doktorska wyróżniona
- 2009r. Świadectwo ukończenia Podyplomowych Studiów Auditingu Ekologicznego. Uniwersytet Gdański, Wydział Zarządzania.
- 2008r. tytuł zawodowy magistra ochrony środowiska. Wyższa Szkoła Środowiska w Bydgoszczy
- 2005r. tytuł zawodowy inżyniera ochrony środowiska, specjalność: techniki ochrony środowiska. Wyższa Szkoła Ochrony Środowiska w Bydgoszczy

## **III. Dodatkowe kursy, szkolenia i uprawnienia**

- Biegły ds. ochrony środowiska i chemii morza z listy Prezesa Sądu Okręgowego w Gdańsku
- uprawnienia do kierowania instalacjami do termicznego przekształcania odpadów na terytorium RP - Egzamin Państwowy przed Marszałkiem Woj. Pomorskiego
- Audytor wiodący systemu zarządzania środowiskowego wg ISO 14001:2015, ze wpisem do IRCA
- Audytor wiodący systemu zarządzania bezpieczeństwem pracy wg OHSAS 18001
- Audytor wewnętrzny systemu zarządzania jakością wg ISO 9001:2015
- Audytor wewnętrzny systemu zarządzania efektywnością energetyczną wg ISO 50001

## **IV. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

2023r. – nadal                    Gdański Uniwersytet Medyczny  
Wydział Nauk o Zdrowiu z Instytutem Medycyny Morskiej i Tropikalnej  
Zakład Toksykologii Środowiska  
stanowisko: Adiunkt

---

- 2019r. – 2022 r. Wyższa Szkoła Administracji i Biznesu w Gdyni  
Wydział Prawa  
Wydział Zarządzania  
stanowisko: Wykładowca
- 2016r. – 2017 r. Uniwersytet Gdański  
Wydział Oceanografii i Geografii  
stanowisko: Wykładowca
- 2012r. – 2014 r. Wyższa Szkoła Służb Lotniczych w Bydgoszczy  
stanowisko: Prodziekan Wydziału Inżynierii Lotniczej i Środowiska,  
Wykładowca

**V. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)**

**1. Tytuł osiągnięcia naukowego**

Ekspozycja, dystrybucja i drogi eliminacji zanieczyszczeń środowiskowych u konsumentów zależnych od pokarmu pochodzenia morskiego

**2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego**

W skład osiągnięcia naukowego wchodzi cykl 5 publikacji (prace oryginalne) powiązanych tematycznie o sumarycznym współczynniku oddziaływania IF 14,324 oraz punktacji MEiN 285 (załącznik nr 5)

1. **A. R. Reindl**, L. Falkowska<sup>†</sup>, „*Flame retardants at the top of a simulated Baltic marine food web : a case study concerning African penguins from the Gdansk Zoo.* Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2015: vol. 68, nr 2, s. 259–264.

*Impact Factor:* 2,039

*Punktacja ministerialna:* 25

Mój wkład w publikację obejmował:

- udział w sformułowaniu hipotezy badawczej, koncepcji i konspektu pracy
- wykonanie analiz chemicznych
- wykonanie przeglądu i doboru literatury
- interpretacja wyników i przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu,
- korekta manuskryptu po przeglądzie współautorki
- udzielenie odpowiedzi na pytania recenzentów i edytora

2. L. Falkowska<sup>†</sup>, **A. R. Reindl**. *Dietary exposure to, and internal organ transfer of, selected halogenated organic compounds in birds eating fish from the Southern Baltic.* J. Environ. Sci. Health Part A 2015: vol. 50, nr 10, s. 1029-1239.

<sup>1</sup> Indeks „†” umieszczony przy nazwisku autora oznacza, że autor zmarł

*Impact Factor:* 1,276

*Punktacja ministerialna:* 20

Mój wkład w publikację obejmował:

- udział w sformułowaniu hipotezy badawczej, koncepcji i konspektu pracy
- wykonanie analiz chemicznych
- wykonanie przeglądu i doboru literatury
- interpretacja wyników i przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu
- korekta manuskryptu po przeglądzie współautorki
- udzielenie odpowiedzi na pytania recenzentów i edytora

3. L. Falkowska†, **A. R. Reindl**, A. Grajewska, A. Lewandowska. *Organochlorine contaminants in the muscle, liver and brain of seabirds (Larus) from the coastal area of the Southern Baltic*. *Ecotox. Environ. Safe.* 2016: vol. 133, s. 63-72.

*Impact Factor:* 3,743

*Punktacja ministerialna:* 30

Mój wkład w publikację obejmował:

- udział w sformułowaniu hipotezy badawczej, koncepcji i konspektu pracy
- wykonanie analiz chemicznych
- wykonanie przeglądu i doboru literatury
- interpretacja wyników i udział w przygotowaniu pierwotnej wersji manuskryptu,
- korekta manuskryptu po przeglądzie współautorek
- udzielenie odpowiedzi na pytania recenzentów i edytora

4. **A. R. Reindl**, L. Falkowska† A. Grajewska. *Halogenated organic compounds in the eggs of aquatic birds from the Gulf of Gdansk and Wloclawek Dam (Poland)*. *Chemosphere* 2019: vol. 237, art. ID 124463, s. 1-7.

*Impact Factor:* 5,778

*Punktacja ministerialna:* 140

Mój wkład w publikację obejmował:

- udział w sformułowaniu hipotezy badawczej, koncepcji i konspektu pracy
- wykonanie analiz chemicznych
- wykonanie przeglądu i doboru literatury
- interpretacja wyników i przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu
- korekta manuskryptu po przeglądzie współautorki
- udzielenie odpowiedzi na pytania recenzentów i edytora

5. **A. R. Reindl**, L. Falkowska†. *Food source as a factor determining birds' exposure to hazardous organic pollutants and egg contamination*. *Mar. Freshw. Res.* 2019: vol. 71, nr 4 s. 557-568.

*Impact Factor:* 1,488

*Punktacja ministerialna:* 70

Mój wkład w publikację obejmował:

- udział w sformułowaniu hipotezy badawczej, koncepcji i konspektu pracy
- wykonanie analiz chemicznych

- wykonanie przeglądu i doboru literatury
- interpretacja wyników i przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu
- korekta manuskryptu po przeglądzie współautorki
- udzielenie odpowiedzi na pytania recenzentów i edytora

### **3. Przedstawienie celu naukowego wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania**

#### ***Wprowadzenie***

Rozwój cywilizacyjny, pomimo ogromnego postępu technologicznego i wiedzy o sposobach zapewnienia najlepszych technik prowadzenia procesów przemysłowych dla spełnienia najwyższych standardów środowiskowych, nadal nieodłącznie związany jest z antropopresją. Efektem presji cywilizacyjnej jest uwalnianie do środowiska pierwiastków i substancji uznawanych za zanieczyszczenia środowiska, tak więc tych, które nie pełnią w organizmach żywych żadnych funkcji, a ich obecność może implikować szereg następstw zdrowotnych<sup>2</sup>. Substancje te określane są też mianem ksenobiotyków, a dopuszczalne poziomy ich uwolnień uregulowane są przepisami prawa. Przepisy te mają na celu zagwarantować ich eliminowanie lub ograniczanie stosowania w gospodarce. Wysoki poziom świadomości o źródłach zanieczyszczeń środowiska i ich umownie bezpiecznych dla zdrowia i życia człowieka poziomach dostarczają wyniki monitorowania różnych komponentów środowiska. Obowiązek dotrzymania limitów uwalnianych do środowiska ksenobiotyków również opiera się na instrumentach prawnych. Chociaż te regulacje są poddawane ciągłym zmianom, ustanawiają one ograniczenia i zapewniają skuteczną kontrolę nad działaniami przedsiębiorców.

Istotne jest, że za zanieczyszczenia środowiska uważane są substancje obecnie znane, które podlegają ustanowionym ograniczeniom i restrykcjom prawnym. Istnieje jednak ogromna ilość substancji i pierwiastków, które nie podlegają restrykcjom prawnym, ale również tych jeszcze nie zakwalifikowanych choćby do potencjalnie zanieczyszczających środowisko<sup>3</sup>. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) podkreśliła zależność pomiędzy zdrowiem człowieka i zanieczyszczeniem środowiska. Autorzy raportu nt. globalnej oceny obciążenia chorobami wynikającymi z zagrożeń dla środowiska<sup>4</sup> ocenili, że około 12,6 miliona zgonów rocznie, co

---

<sup>2</sup> Rogowska, J., Cieszyńska-Semenowicz, M., Ratajczyk, W., Wolska, L. (2020). Micropollutants in treated wastewater. *Ambio*, 49, 487-503.

<sup>3</sup> Op. cit. Ad.1

<sup>4</sup> Prüss-Ustün A., Wolf J., Corvalán C., Bos R., Neira M. (2016). Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. World Health Organization

stanowi około 23% globalnej liczby zgonów, można przypisać zanieczyszczeniom środowiska. Szacuje się, że narażenie na toksyczne substancje chemiczne może prowadzić do różnych schorzeń, w tym zaburzeń układu nerwowego, hormonalnego, czy rozwoju nowotworów.

Spośród istotnych zanieczyszczeń obecnych w środowisku wskazać należy na trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO). TZO to związki charakteryzujące się wysoką trwałością w środowisku, zdolnością do kumulacji w łańcuchu troficznym i przenoszenia na dalekie odległości. Początkowe wprowadzenie TZO do środowiska wynikało z ich szerokiego zastosowania w przemyśle, rolnictwie i innych sektorach gospodarki. Dopiero z czasem stało się jasne, że mają one negatywny wpływ na zdrowie ludzi i środowisko. Produkcja i stosowanie TZO podlega ograniczeniom zarówno na poziomie międzynarodowym, jak i europejskim czy krajowym. Obszerna legislacja ustanawiająca limity dopuszczalnych poziomów w środowisku czy uwolnień nie zmienia jednak faktu stałej ich obecności w środowisku<sup>5</sup>. W przypadku niektórych spośród TZO, pomimo zakazu ich produkcji czy stosowania w środowisku, nadal obserwowane są mierzalne ich poziomy.

TZO, takie jak polichlorowane dibenzo-para-dioksyny i polichlorowane dibenzo-furany (PCDFs), polibromowane difenyletery (PBDE), polichlorowane bifenyle (PCB) czy pestycydy chloroorganiczne (OCP), stanowią jedno z najpoważniejszych zagrożeń dla zdrowia człowieka w kontekście ekspozycji pokarmowej<sup>6</sup>. Substancje te mają zdolność do kumulowania się w organizmach żywych, prowadząc do zwiększonych stężeń w wyższych poziomach łańcucha pokarmowego. Spożywanie zanieczyszczonych ryb może prowadzić do przewlekłej ekspozycji na TZO i skutkować wieloma negatywnymi efektami zdrowotnymi. Spośród najistotniejszych wyróżnić należy: zakłócenia w działaniu układu hormonalnego, prowadzące m.in. do problemów z płodnością; neurotoksyczność, z potencjalnym wpływem na rozwój mózgu

---

<sup>5</sup> Rozporządzenie (WE) nr 850/2004 dotyczące trwałych związków organicznych stanowi główny akt prawny regulujący produkcję, wprowadzanie do obrotu i użycie tych substancji w Unii Europejskiej (UE). Rozporządzenie to zakazuje lub ogranicza produkcję i stosowanie pewnych TZO i wymaga od państw członkowskich monitorowania i informowania o emisjach tych substancji. UE jest stroną Konwencji Sztokholmskiej w sprawie trwałych związków organicznych, międzynarodowego traktatu mającego na celu eliminację lub ograniczenie emisji TZO.

Rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w produktach spożywczych. Określa ono poziomy dla TZO w różnych kategoriach żywności, w tym dla ryb.

<sup>6</sup> Ho, Q. T., Bank, M. S., Azad, A. M., Nilsen, B. M., Frantzen, S., Boitsov, S., ... Madsen, L. (2021). Co-occurrence of contaminants in marine fish from the North East Atlantic Ocean: Implications for human risk assessment. *Environment International*, 157, 106858.

Fernandes, A. R., Falandysz, J. (2021). Polybrominated dibenzo-p-dioxins and furans (PBDD/Fs): Contamination in food, humans and dietary exposure. *Science of the Total Environment*, 761, 143191.

u dzieci czy proces onkogenezy, związany z potencjalnym ryzykiem wystąpienia nowotworów, w szczególności nowotworów wątroby i układu krwiotwórczego<sup>7</sup>.

Czynniki środowiskowe są głównie odpowiedzialne za ryzyko i etiologię chorób przewlekłych. Mimo to, predyspozycje genetyczne i indywidualne cechy organizmu odgrywają równie ważną rolę. Jednak od 70 do 90% ryzyka wystąpienia chorób przewlekłych, przypisywane jest czynnikom środowiskowym<sup>8</sup>. Czynniki środowiskowe rozumiane są przez świat nauki bardzo szeroko, podobnie jak holistyczna pozostaje sama definicja środowiska. Epidemiologiczne badania asocjacyjne całego genomu w identyfikacji markerów chorób wykorzystują dane środowiskowego narażenia, których nieprecyzyjność lub niedokładność może prowadzić do błędnych wniosków interpretacyjnych. Wszak przyjąć należy, że środowiskiem jest również wewnętrzne środowisko chemiczne organizmu wraz ze wszystkimi procesami, przemianami i interakcjami w nim zachodzącymi. Dlatego też w ujęciu chronicznej ekspozycji na zanieczyszczenia środowiska istotną rolę odgrywały będą mechanizmy dystrybucji oraz drogi i efektywność eliminacji obcych dla organizmu substancji - ksenobiotyków.

Problematyka ryzyka zdrowotnego w kontekście zanieczyszczenia środowiska bardzo często dotyka analizy przypadków masowych zatruć lub skażeń poszczególnych elementów środowiska, w tym żywności, o łatwych do identyfikacji i ewidencjonowania skutkach zdrowotnych<sup>9</sup>. Innym źródłem wiedzy o skutkach zdrowotnych są badania toksykologiczne ekspozycji na substancje toksyczne, w tym zanieczyszczające środowisko. Badania narażenia prowadzone w skali laboratoryjnej pozwalają na kontrolowanie dawki toksyny i ocenę skutków, jakie w organizmie ona powoduje. Natomiast chroniczna ekspozycja na różne zanieczyszczenia

---

<sup>7</sup> Islam, M. A., Amin, S. N., Rahman, M. A., Juraimi, A. S., Uddin, M. K., Brown, C. L., Arshad, A. (2022). Chronic effects of organic pesticides on the aquatic environment and human health: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring Management*, 100740.

Singh, V., Kumar, R. (2022). Persistent organic pollutants impact on environment and human health: A review.

Islam, R., Kumar, S., Karmoker, J., Kamruzzaman, M., Rahman, M. A., Biswas, N., ... Rahman, M. M. (2018). Bioaccumulation and adverse effects of persistent organic pollutants (POPs) on ecosystems and human exposure: A review study on Bangladesh perspectives. *Environmental Technology Innovation*, 12, 115-131.

<sup>8</sup> Al-Kindi, S. G., Brook, R. D., Biswal, S., Rajagopalan, S. (2020). Environmental determinants of cardiovascular disease: lessons learned from air pollution. *Nature Reviews Cardiology*, 17(10), 656-672.  
Furman, D., Campisi, J., Verdin, E., Carrera-Bastos, P., Targ, S., Franceschi, C., ... Slavich, G. M. (2019). Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nature medicine*, 25(12), 1822-1832.

Rappaport, S. M., Smith, M. T. (2010). Environment and disease risks. *science*, 330(6003), 460-461.

<sup>9</sup> Cripps, D.J. Peters H.A. Gocmen A. Dogramici I. (1984). Porphyria turcica due to hexachlorobenzene: a 20 to 30 year follow-up study on 204 patients. *Br. J. Dermatol.* 111, 413– 422.



środowiska, ich oddziaływania synergiczne i losy w organizmach żywych, nadal stanowią istotne wyzwanie naukowe, głównie z uwagi na wielowymiarowość tej problematyki.

W przeciwieństwie do badań toksykologicznych, gdzie ocenia się reakcję organizmu na określone dawki, a narażenie jest zazwyczaj krótkotrwałe i ostre, to w przypadku ekspozycji środowiskowej narażenie jest chroniczne, a dawki zazwyczaj niskie. TZO należą do grupy substancji aktywnych endokrynnie (ang. *Endocrine Disruptors Compounds* - EDCs). Skutki narażenia na EDCs mogą pozostawać utajone, czasami nie stają się widoczne przez wiele lat po wystąpieniu ekspozycji. Ponadto, dla tych substancji może nie istnieć najniższa dopuszczalna dawka, która nie wywołuje negatywnych skutków zdrowotnych. Dodatkowo, w środowisku zazwyczaj występują one wspólnie z innymi związkami chemicznymi, co implikuje oddziaływania synergiczne na zdrowie ludzi i środowisko<sup>10</sup>. Nawet niewielka ale chroniczna ekspozycja na EDCs może powodować znaczące zakłócenia w funkcjonowaniu układu hormonalnego podczas rozwoju organizmu, skutkując trwałymi i nieodwracalnymi zmianami w dalszym życiu. Istotą tego problemu potwierdzają najnowsze badania wpływu chronicznej ekspozycji na niskie dawki tych substancji w różnych tkankach<sup>11</sup>. Odpowiedź metaboliczna różni się w zależności od tkanki. Wątroba reaguje w sposób dynamiczny, zależny od długości ekspozycji i dawki, natomiast mózg wykazuje natychmiastowe nasycenie, które jest stałe i niezależne od dawki czy czasu ekspozycji. To podkreśla złożoność i specyfikę oddziaływania tych substancji na różne układy i narządy w organizmie, a narażenie na te substancje stanowi duże zagrożenie dla zdrowia publicznego.

Zatem skutki toksyczne, powstające w wyniku oddziaływania zanieczyszczeń środowiska, wpływają na zaburzenia przepływów materii, energii oraz informacji od poziomu komórki do narządów wewnętrznych i złożonych procesów fizjologicznych zachodzących w organizmie, ale także na funkcjonowanie osobnika w populacji. Zrozumienie losów tych zanieczyszczeń w środowisku i skutków, jakie mogą wywoływać w organizmie i przyszłych pokoleniach, wymaga wielokierunkowych badań. Szczególnie istotnym jest poszerzenie wiedzy naukowej o mechanizmach oczyszczania organizmów w funkcji płci. W moim przekonaniu istotnym elementem stają się tu trzy płaszczyzny badań: 1) narażenie, 2) kumulacja i dystrybucja wewnątrzustrojowa oraz 3) mechanizmy i efektywność eliminacji.

---

<sup>10</sup> Crews, D., Willingham, E., Skipper, J. K. (2000). Endocrine disruptors: present issues, future directions. *The Quarterly Review of Biology*, 75(3), 243-260.

<sup>11</sup> Lucas-Torres, C., Caradeuc, C., Prieur, L., Djemai, H., Youssef, L., Noirez, P., ... Bertho, G. (2023). NMR metabolomics study of chronic low-dose exposure to a cocktail of persistent organic pollutants. *NMR in Biomedicine*, e5006.

Spośród wszystkich dróg narażenia uznaje się, że narażenie pokarmowe jest najistotniejszą drogą wchłaniania zanieczyszczeń środowiskowych. Rodzaj diety jest bezpośrednim źródłem substancji odżywczych niezbędnych do życia. Równoległe niskie (nie toksyczne w dawce pobieranej) choć stałe stężenia zanieczyszczeń środowiskowych zawarte w żywności, pochodzące ze stałego źródła o podobnym profilu niepożądanych składników, decydują o chronicznej ekspozycji<sup>12</sup>. Tym niemniej, rozważania o poziomach i rodzajach zanieczyszczeń w pokarmie muszą uwzględniać charakter zanieczyszczeń w kontekście całkowitego składu jakościowego pokarmu. Trwałe zanieczyszczenia organiczne najczęściej są związkami lipofilnymi, stąd bogata w tłuszcze dieta zwiększa ryzyko ekspozycji i wydłuża okres półtrwania zanieczyszczenia<sup>13</sup>.

Dostarczane do organizmu ksenobiotyki ulegają procesom dystrybucji i kumulacji w tkankach i narządach, ale też przemianom metabolicznym. Wewnętrzne procesy zachodzące w żywych organizmach wskazują na znaczenie właściwości chemicznych zanieczyszczeń w kumulacji w organie docelowym. Spośród najistotniejszych mechanizmów transportu wewnątrzustrojowego wskazać należy na zdolność do przenikania niektórych zanieczyszczeń środowiskowych przez barierę krew-mózg. Zanieczyszczenia, które przedostaną się do mózgu, mogą indukować patogenezę różnych zaburzeń neurologicznych<sup>14</sup>. W konsekwencji ich neurotoksycznego oddziaływania, staje się to istotnym czynnikiem ryzyka w etiologii chorób cywilizacyjnych. Istotna pozostaje też rola sekwestracji wątrobowej lipofilnych ksenobiotyków. Wątroba u ptaków odgrywa ważną rolę w syntezie niektórych lipidów, decydujących o składzie żółtka jaja ptaków, co ma szczególne znaczenie w mechanizmie transportu lipofilnych ksenobiotyków do przyszłego pokolenia. Jednak w przypadku człowieka, rola wątroby w syntezie lipidów przekazywanych do przyszłego pokolenia nie jest wyjaśniona i nadal stanowi

---

<sup>12</sup> Mir, R. H., Sawhney, G., Pottoo, F. H., Mohi-Ud-Din, R., Madishetti, S., Jachak, S. M., ... Masoodi, M. H. (2020). Role of environmental pollutants in Alzheimer's disease: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 44724-44742.

Suzuki, T., Hidaka, T., Kumagai, Y., Yamamoto, M. (2020). Environmental pollutants and the immune response. *Nature Immunology*, 21(12), 1486-1495.

Soleimanifar, N., Nicknam, M. H., Bidad, K., Jamshidi, A. R., Mahmoudi, M., Mostafaei, S., ... Nikbin, B. (2019). Effect of food intake and ambient air pollution exposure on ankylosing spondylitis disease activity. *Advances in Rheumatology*, 59.

Cohen, M. (2007). Environmental toxins and health: the health impact of pesticides. *Australian family physician*, 36(12).

<sup>13</sup> Flesch-Janys, D. (1996). Elimination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in occupationally exposed persons. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 47(4), 363-378.

<sup>14</sup> m.in. Iqbal, A., Ahmed, M., Ahmad, S., Sahoo, C. R., Iqbal, M. K., Haque, S. E. (2020). Environmental neurotoxic pollutants. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 41175-41198.

istotne wyzwanie współczesnej nauki<sup>15</sup>. Niezależnie od stopnia rozpoznania mechanizmów transportu wewnątrzustrojowego zanieczyszczeń środowiskowych u człowieka, nie ulega wątpliwości, że ich transfer obejmuje także przeniesienie do mleka matek, a w konsekwencji dostarczenie do organizmu potomka<sup>16</sup>. Niepokojące jest, że u niemowląt karmionych piersią zaledwie 9% dostarczanych z mlekiem matki PCDD/Fs ulegało eliminacji z kałem<sup>17</sup>.

Substancje niepożądane, po ich wniknięciu do organizmu drogą pokarmową są z niego wydalane. Dzieje się to w naturalny sposób z pozostałościami niestrawionego pożywienia. Jest to najbardziej efektywny i krótkoterminowy sposób eliminacji niepożądanych składników pokarmu<sup>18</sup>. Spośród innych metod eliminacji ksenobiotyków wskazać należy na transport bierny zanieczyszczeń, zakumulowanych w tkankach i organach wewnętrznych. Zakumulowane zanieczyszczenia deponowane są w rogowych tworach naskórka na skutek redystrybucji wewnątrzustrojowej<sup>19</sup>.

Szczególnym przypadkiem eliminacji jest okres rozwoju płodu i laktacja. W tej fazie życia organizm matki przechodzi szereg skomplikowanych procesów związanych z formowaniem zarodka, płodu i przygotowuje się do zapewnienia mu niezbędnych substancji pokarmowych, spośród których lipidy stanowią istotny materiał budulcowy i wydajne źródło energii<sup>20</sup>. W wyniku tych procesów dochodzi do redystrybucji zanieczyszczeń zakumulowanych

---

<sup>15</sup> m.in. Ramos-Roman, M. A., Syed-Abdul, M. M., Casey, B. M., Alger, J. R., Liu, Y. L., Parks, E. J. (2022). Lactation alters the relationship between liver lipid synthesis and hepatic fat stores in the postpartum period. *Journal of lipid research*, 63(11).

<sup>16</sup> Ait Ihaj, F., Elhamri, H., Ait Ihaj, Z., Malisch, R., Kypke, K., Kabriti, M., ... Bellaouchou, A. (2023). First WHO/UNEP survey of the current concentrations of persistent organic pollutants in human milk in Morocco. *Food Additives Contaminants: Part A*, 40(2), 282-293.

Romanić, S. H., Milićević, T., Jovanović, G., Sarić, M. M., Mendaš, G., Fingler, S., ... Relić, D. (2023). Persistent organic pollutants in Croatian breast milk: An overview of pollutant levels and infant health risk assessment from 1976 to the present. *Food and Chemical Toxicology*, 113990.

Torres-Moreno, A. C., Mejia-Grau, K., Puente-DelaCruz, L., Codling, G., Villa, A. L., Ríos-Marquez, O., ... Johnson-Restrepo, B. (2023). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), polychlorinated biphenyls (PCBs), organochlorine pesticides (OCPs) in human breast milk from Colombia: A probabilistic risk assessment approach. *Chemosphere*, 339, 139597.

<sup>17</sup> Czub, G., McLachlan, M. S. (2004). A food chain model to predict the levels of lipophilic organic contaminants in humans. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 23(10), 2356-2366.

<sup>18</sup> Israili, Z. H., Dayton, P. G. (1984). Enhancement of xenobiotic elimination: role of intestinal excretion. *Drug Metabolism Reviews*, 15(5-6), 1123-1159.

<sup>19</sup> m.in. Grajewska, A., Falkowska, L., Reindl, A. (2019). Evaluation of claws as an alternative route of mercury elimination from the herring gull (*Larus argentatus*). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 48(2), 165-173.

Bodziach, K., Staniszewska, M., Nehring, I., Ożarowska, A., Zaniewicz, G., Meissner, W. (2022). Elimination of endocrine disrupting phenolic compounds via feathers and claws in seabirds moulting in the Baltic and Russian Arctic. *Science of the Total Environment*, 853, 158641.

<sup>20</sup> Speake, B. K., Murray, A. M., Noble, R. C. (1998). Transport and transformations of yolk lipids during development of the avian embryo. *Progress in lipid research*, 37(1), 1-32.

w tkankach wewnętrznych, a na skutek procesów syntezy nowych związków dochodzić może do uwalniania ksenobiotyków i ich przenoszenia z organizmu matki do potomstwa.

Zanieczyszczenie środowiska dotyka wielu jego komponentów, w tym kluczowego, jakim jest środowisko wodne. Różne źródła, takie jak odprowadzane ścieki, spływy powierzchniowe z gruntów czy depozycja emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń, prowadzą do degradacji jakości wód w rzekach, jeziorach, a ostatecznie także w morzach i oceanach. Morze Bałtyckie stanowi przykład szczególnie dotkniętego tym problemem ekosystemu, uważanego za jedno z najbardziej zanieczyszczonych mórz na świecie<sup>21</sup>. Choć w ciągu ostatnich lat udało się znacząco ograniczyć emisję TZO do Bałtyku, ich koncentracja wciąż budzi poważne obawy. Szczególnym zanieczyszczeniem są polichlorowane dibenzo-p-dioksyny i dibenzofurany (PCDD/Fs), które wpłynęły na restrykcje w handlu i konsumpcji ryb bałtyckich. Dane z 2004r. wskazują, że w Szwecji spożycie ryb odpowiadało nawet za 33-38% ekspozycji ludzi na dioksyny, a w Finlandii to aż 63-83%. W Finlandii spożycie śledzia decydowało o 52% dziennym spożyciu dioksyn przez ludzi, a w Szwecji tłuste ryby z regionu Morza Bałtyckiego przyczyniają się do 19-22% tego spożycia<sup>22</sup>. Dane z innych krajów regionu bałtyckiego, w tym w Polsce, obecnie nie są znane. Niemniej jednak, można przypuszczać, że związek pomiędzy spożyciem ryb, a ekspozycją ludzi na dioksyny może mieścić się w podobnym zakresie, jeśli wzorce spożycia są podobne.

### ***Cele osiągnięcia naukowego***

Głównym celem naukowym prowadzonych badań była ocena poziomu narażenia pokarmowego na trwałe zanieczyszczenia środowiskowe u konsumenta, w tym zależnego wyłącznie od pokarmu pochodzenia morskiego, z jednoczesną oceną odpowiedzi jego organizmu na zanieczyszczenia dostarczane w pożywieniu, poprzez zidentyfikowanie zdolności kumulacji i dystrybucji wewnątrzustrojowej oraz mechanizmów eliminacji zanieczyszczeń z organizmu.

Realizacja tak postawionego celu wymagała zdefiniowania celów szczegółowych, które sformułowałem następująco:

---

<sup>21</sup> Sonesten, L.; Undeman, E.; Svendsen, M.L.; Frank-Kamenetsky, D.; Haapaniemi, J. Inputs of hazardous substances to the Baltic Sea. *Balt. Sea Environ. Proc.* 2021, 179

<sup>22</sup> Wiberg, K., Josefsson, S. (2009). Sources, transport, reservoirs and fate of dioxins, PCBs and HCB in the Baltic Sea environment (Vol. 5912). Stockholm: Swedish Environmental Protection Agency.

Dobrzycka-Kraheil, A., Bogalecka, M. (2022). The Baltic Sea under anthropopressure—The sea of paradoxes. *Water*, 14(22), 3772.

HELCOM (2004): Dioxins in the Baltic Sea, Claus Hagebro, [www.helcom.fi](http://www.helcom.fi) (dostęp 06.09.2023r.)

- 1) **Narażenie pokarmowe:** Ocena wpływu diety i lokalnych uwarunkowań środowiskowych oraz wielkość dawki chronicznej pobieranej w pokarmie u konsumentów zależnych wyłącznie od pokarmu pochodzenia morskiego i konsumentów uzupełniających dietę morską innym pożywieniem.  
# Publikacja: 1, 2
- 2) **Kumulacja:** Zidentyfikowanie zdolności kumulacji i magnifikacji zanieczyszczeń środowiskowych w łańcuchu troficznym, w perspektywie oceny narażenia pokarmowego organizmu spożywającego pokarm pochodzenia morskiego.  
# Publikacja: 1, 3
- 3) **Dystrybucja wewnątrzustrojowa:** Określenie dróg dystrybucji wewnątrzustrojowej zanieczyszczeń, w szczególności w aspekcie ich sekwestracji wątrobowej, neurotoksyczności i zdolności do przenikania bariery krew-mózg.  
# Publikacja: 2, 3
- 4) **Eliminacja:** Ocena mechanizmów i efektywności eliminacji zanieczyszczeń środowiska z organizmu konsumenta, w tym również rozpoznanie mechanizmów ich przenoszenia do przyszłego pokolenia.  
# Publikacja: 1, 2, 4, 5

### ***Szczegółowy opis osiągnięcia naukowego***

Podstawą osiągnięcia naukowego jest określenie wielkości rzeczywistego narażenia pokarmowego konsumentów na TZO pochodzące z pokarmów pochodzenia morskiego i pokarmów mieszanych. Jednoczesne rozpoznanie szlaków dystrybucji wewnątrzustrojowej i zrozumienie, jak TZO gromadzą się, rozprzestrzeniają i kumulują w różnych tkankach organizmów morskich oraz w jakim stopniu ulegają one biomagnifikacji w łańcuchu pokarmowym. Realizacja postawionego celu naukowego uzupełnia wiedzę o mechanizmach i efektywności eliminacji tych zanieczyszczeń z organizmu konsumenta.

---

**Szczegółowe omówienie publikacji naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego****#1 PUBLIKACJA**

**A. R. Reindl**, L. Falkowska. *Flame retardants at the top of a simulated Baltic marine food web: a case study concerning African penguins from the Gdansk Zoo*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2015: vol. 68, nr 2

Zanieczyszczenia środowiskowe dostarczane w pożywieniu mają kluczowe znaczenie dla zdrowia i funkcjonowania organizmów żywych. Przyjmowanie zanieczyszczeń z pożywieniem jest jedną z głównych dróg narażenia (droga pokarmowa). Dostarczane z pożywieniem ksenobiotyki mogą ulegać procesom metabolizowania, ale też bioakumulacji. Zakumulowane w organizmach z niższego poziomu troficznego (pokarmie) zanieczyszczenia mogą ulegać kumulacji w organizmach z wyższego poziomu troficznego (konsumentach) w procesie biomagnifikacji, czyli wzmocnienia stężenia zanieczyszczenia wraz ze wzrostem pozycji w łańcuchu troficznym.

Podstawowym celem realizacji badań jest precyzyjne określenie narażenia pokarmowego u organizmów z wyższego poziomu troficznego (konsumentów), bezwzględnie zależnych od pokarmu pochodzenia morskiego, oraz wszechstronne zrozumienie problematyki procesów bioakumulacji i biomagnifikacji. Celem badań było też zrozumienie mechanizmów detoksykacji związków bromoorganicznych u konsumentów na najwyższym poziomie troficznym w procesie przenoszenia zanieczyszczeń przez matkę do przyszłego pokolenia w procesie formowania jaja.

Praca ta jest pierwszą z dwóch prac w cyklu badań eksperymentalnych, przeprowadzonych na pingwinie przyławkowym (*Spheniscus demersus*) z gdańskiego Ogrodu Zoologicznego, którego wyłącznym i jedynym pokarmem były śledzie bałtyckie (*Clupea harengus*). Badaniami objąłem dwa związki bromoorganiczne, stosowane powszechnie jako środki opóźniające palność (ang. *flame retardants*): heksabromocyklododekan (HBCD) oraz tetrabromobisfenol A (TBBPA). Dla zdrowia człowieka, największym zagrożeniem powodowanym przez te substancje są zaburzenia endokrynologiczne. Ponadto, budzą one obawy związane z ich potencjalnym działaniem rakotwórczym, hepatotoksycznym i neurotoksycznym, zwłaszcza podczas rozwoju organizmu. Rosnące zanieczyszczenie środowiska i narażenie ludzi na te substancje podkreśla konieczność uzupełniania brakującej wiedzy w tym zakresie.

Moje badania ujawniły, że pomimo ograniczeń prawnych dotyczących bromowanych środków zmniejszających palność, ich pozostałości ulegają biomagnifikacji w łańcuchu pokarmowym i kumulują się w organizmie wyższego poziomu troficznego. Zarówno HBCD, jak i TBBPA

wykryłem w różnych tkankach i narządach konsumenta, przy czym najwyższe ich stężenie stwierdziłem w mózgu. Potwierdziłem tym samym zdolność tych zanieczyszczeń środowiska do przenikania bariery krew-mózg. Badając różne tkanki i narządy potwierdziłem, że zarówno HBCD jak i TBBPA mają zdolność do kumulacji w organizmie konsumenta, a szereg kumulacji określiłem następująco: mięśnie<wątroba<tkanka tłuszczowa<mózg. Pomimo najwyższej zdolności do kumulacji zanieczyszczeń w mózgu, stwierdziłem zależność zawartości lipidów w mięśniach i wątrobach pokarmu (ryb) i konsumenta (pingwina) od stężenia badanych związków zakumulowanych w tkankach i narządach konsumenta.

Zrealizowane badania pozwoliły mi na określenie zdolności przenoszenia HBCD i TBBPA z organizmu matki do przyszłego pokolenia i wyznaczenie wskaźników tego transferu. Najwyższe stężenia badaniach związków zidentyfikowałem w żółtku jaja, co potwierdza zależność stężeń od zawartości lipidów. Moje badania potwierdziły obecność zbadanych zanieczyszczeń w wątrobie matki i złożonym przez nią jaj. Ponieważ lipidy żółtka jaja są syntezowane w wątrobie ptaków, wskazuje to na mechanizm transferu oczyszczającego organizm matki, opierający się na eliminacji zbędnych substancji lipofilnych do syntezowanych przez wątrobę lipidów.

### **Rezultaty:**

1. Zidentyfikowałem obecność HBCD i TBBPA w różnych tkankach i narządach pingwina przyławkowego. Szczególnie niepokojąca jest ich obecność w mózgu. Aspekt ten stanowi istotny element nowej wiedzy naukowej o zdolności badanych związków do przenikania z pokarmu poprzez szereg barier do kluczowych organów organizmu na wyższym poziomie troficznym, w tym do przekraczania bariery krew-mózg.
2. Przeprowadzone badania potwierdzają istotną rolę lipidów w procesie bioakumulacji, gdyż zawartość lipidów w mięśniach i wątrobach ryb, stanowiących pokarm pingwina, wykazuje korelację ze stężeniem badanych związków w mięśniach pingwina.
3. HBCD oraz TBBPA wykazują zdolność do przenoszenia z organizmu matki do organizmu potomstwa, co potwierdziłem badając ich obecność w jajach, a w szczególności żółtku jaja pingwina.
4. Odkryłem potencjalną zależność, w procesie eliminacji HBCD i TBBPA z organizmów ptaków, od syntezy wątrobowej lipidów. Moje badania pozwalają na sformułowanie hipotezy, że eliminacja, zachodząca w wyniku przeniesienia z organizmu matki do

żółtka jaja, może być ściśle związana z mechanizmem syntezy lipidów żółtka, która zachodzi w wątrobie ptaków. To ważny krok w zrozumieniu, jak substancje bromoorganiczne mogą wpływać na rozwój ptasich embrionów. Taki mechanizm przenoszenia jest szczególnie niepokojący, ponieważ może wpłynąć na kondycję i zdrowie młodych osobników jeszcze przed ich wykluciem.

## #2 PUBLIKACJA

L. Falkowska, **A.R. Reindl**, (2015) *Dietary exposure to, and internal organ transfer of, selected halogenated organic compounds in birds eating fish from the Southern Baltic J. Environ. Sci. Health Part A* 2015: vol. 50, nr 10

Praca ta jest kontynuacją badania eksperymentalnego, przeprowadzonego na pingwinie przylądkowym (*Spheniscus demersus*) z gdańskiego Ogrodu Zoologicznego, karmionego bałtyckim śledziem (*Clupea harengus*) omówionego w # Publikacji 1 cyklu habilitacyjnego. Przeprowadzone badania pozwoliły na precyzyjne określenie dziennego i rocznego pobrania TZO (PCDD/Fs, OCP i herbicydów) z pożywieniem oraz ocenę odpowiedzi organizmu z wyższego poziomu troficznego (konsumenta) na te toksyny.

W pracy podałem podział różnych klas TZO, na które narażeni są konsumenci zależni od diety morskiej. Hierarchię narażenia określiłem następująco: herbicydy > pestycydy > fungicydy > PCDF > PCDD, wskazując w ten sposób główne zanieczyszczenia decydujące o narażeniu pokarmowym.

W mojej pracy badawczej dokładnie określiłem dzienną oraz roczną dawkę równoważnika toksyczności (TEQ), dotyczącą PCDD/Fs pobieranych z pożywieniem przez konsumenta. Realizacja tych badań pozwoliła mi na głębsze zrozumienie skutków narażenia pokarmowego na te toksyny. Co więcej, jednym z kluczowych odkryć jest to, że organizmy z wyższych poziomów troficznych zależne wyłącznie od diety morskiej, a dokładnie śledzi bałtyckich, są narażone głównie na pobranie z pożywieniem polichlorowanych dibenzofuranów (PCDF). Równocześnie udowodniłem, że polichlorowane dibenzo-para-dioksyny (PCDD), występujące w niższych stężeniach w pokarmie mają większą zdolność do kumulacji w tkankach i organach konsumenta. W pracy wykazałem zależność zawartości PCDF w mięśniach i wątrobie konsumenta—od stężenia PCDF w pokarmie. Moje badania ujawniły, że spośród badanych pestycydów, izomer pp-DDE wykazywał najwyższe stężenie zarówno w tkankach ryb, jak i pingwinów. W przypadku herbicydów dominowały symazyna i terbutryna, a w przypadku



PCDDFs nisko chlorowane dibenzofurany. To istotne odkrycie może mieć daleko idące konsekwencje dla zaleceń żywieniowych oraz polityki zdrowia publicznego.

Uzupełniając badania na pingwinie przyławkowym, określiłem współczynniki sekwestracji wątrobowej PCDD/Fs i porównałem je z wartościami, wyznaczonymi u innych ptaków, dziko żyjących w strefie brzegowej południowego wybrzeża Morza Bałtyckiego. W tym celu określiłem współczynnik sekwestracji wątrobowej dla: mewy srebrzystej (*Larus argentatus*) reprezentującej konsumenta o urozmaiconej diecie, uzupełnianej jedynie dietą morską oraz mewy siodłatej (*Larus marinus*), która pobiera pokarm głównie ze środowiska morskiego. Uzyskane wyniki wskazują na zróżnicowaną zdolność do zatrzymywania w wątrobie kongenerów PCDDFs u różnych gatunków ptaków, przez to wskazują na znaczenie diety i związanej z nią ekspozycji pokarmowej na zatrzymywanie/kumulację zanieczyszczeń w organizmach.

W pracy wyznaczyłem wskaźniki bioakumulacji (BAF) oraz biomagnifikacji (BMF) w mięśniach i wątrobie pingwinów, różnicując badaną populację wiekowo. Moje badania potwierdzają, że TZO ulega bioakumulacji i biomagnifikacji w łańcuchu troficznym. Procesy te nasilają się wraz z wiekiem ptaków, co wskazuje na długoterminowe ryzyko związane z narażeniem.

Badania na konsumentce, zależnym od diety morskiej o zidentyfikowanych poziomach zanieczyszczeń, umożliwiły mi określenie dawki pobrania dziennego oraz pozwoliły na zbadanie mechanizmów eliminacji TZO z jego organizmu. Detoksykacja organizmu może zachodzić różnymi drogami, spośród których defekacja stanowi o eliminacji przyjętej dawki zanieczyszczenia w krótkim okresie czasu. Zatem mechanizm eliminacji poprzez depozycję w guano odzwierciedla krótkookresową detoksykację organizmu. Badania potwierdziły, że depozycja w guano ma istotny wpływ w eliminację zanieczyszczeń środowiskowych dostarczanych z pożywieniem. Inną drogą eliminacji TZO zakumulowanych w tkankach i organach konsumenta jest ich zdolność do przenoszenia z organizmu matki do potomstwa. Ten proces zależy zarówno od poziomu zakumulowanych w organizmie matki zanieczyszczeń, a jak dowodzą moje badania wzrasta on z wiekiem, oraz od dawki zanieczyszczenia pobieranego z pokarmem. Moje badania ujawniają, że mechanizm przeniesienia z wewnętrznych tkanek i organów matki do jej jaj obejmuje również PCDD/F. Transfer ten jest szczególnie wyraźny w przypadku wysoko chlorowanych dioksyn i nisko chlorowanych furanów. Podkreśla to potencjalne ryzyko dla następnego pokolenia już w fazie embrionalnej.

## Rezultaty:

1. Na podstawie przeprowadzonych badań potwierdziłem, że zdolność akumulacji PCDD/Fs zależna jest od diety, ale również własności związków i mechanizmów ich eliminacji. PCDD, w stosunku do PCDF, mimo niższych stężeń w pokarmie, wykazują większą zdolność do akumulacji w organizmach na wyższym poziomie troficznym.
2. Wielkość bioakumulacji i biomagnifikacji TZO wzrasta wraz z wiekiem ptaków, co wskazuje na większe ryzyko narażenia chronicznego u dorosłych osobników.
3. Eliminacja zanieczyszczeń środowiskowych może zachodzić przez różne mechanizmy, przy czym defekacja odgrywa kluczową rolę w krótkoterminowej detoksykacji. Badane TZO mają zdolność do przenoszenia do potomstwa z organizmu matki.
4. W badaniach skupiłem się na analizie zdolności do bioakumulacji oraz mechanizmach eliminacji toksyn, a w szczególności na ich przenoszeniu do potomstwa. Co warto podkreślić, jest to innowacyjne podejście do tej problematyki, które nie było wcześniej tak dogłębnie analizowane. Rezultaty moich badań mogą mieć kluczowe znaczenie dla pescowegetarian, którzy w swojej diecie opierają się głównie na rybach i owocach morza. Uważam, że pozwolą one na głębsze zrozumienie wpływu diety, opartej na produktach morskich, na zdrowie i dobrostan przyszłych pokoleń.

## #3 PUBLIKACJA

L. Falkowska, **A.R. Reindl**, A. Grajewska, A. Lewandowska (2016) *Organochlorine contaminants in the muscle, liver and brain of seabirds (Larus) from the coastal area of the Southern Baltic* Ecotoxicology and Environmental Safety 133, 63-72

Dystrybucja wewnątrzustrojowa może wpływać na funkcjonowanie poszczególnych organów, a w kontekście transferów eliminacyjnych może prowadzić do ich przekazywania przyszłemu pokoleniu. Chroniczna ekspozycja na zanieczyszczenia środowiskowe może prowadzić do różnorodnych problemów zdrowotnych, spośród których na pierwszym miejscu, wymienić należy zaburzenia hormonalne, dalej choroby neurodegeneracyjne, choroby nerek czy uszkodzenia wątroby. Zanieczyszczenia środowiska mogą też wpływać na zdolność reprodukcyjną, powodować deformacje u potomstwa oraz wpływać na aspekty behawioralne.

Celem przeprowadzonych badań było zidentyfikowanie poziomów polichlorowanych PCDD/Fs i chlorowanych pestycydów organicznych (OCP) w mięśniach, wątrobie i mózgach ptaków morskich. Badania te przeprowadziłem na mewach srebrzystych (*Larus argentatus*) oraz mewach siodłatych (*Larus marinus*) z południowego wybrzeża Morza Bałtyckiego. Wybierając

te dwa gatunki ptaków morskich, kierowałem się ich preferencjami pokarmowymi. Mewa srebrzysta należy do gatunków wszystkożernych, podczas gdy mewa siodłata preferuje pokarm pochodzenia morskiego. Zastosowanie znacznika ekologicznego poziomu troficznego w postaci oznaczenia stabilnych izotopów węgla ( $\delta^{15}\text{N}$ ) i azotu ( $\delta^{13}\text{C}$ ) pozwoliło mi na stwierdzenie, że mewa siodłata pobiera pokarm z niższego niż mewa srebrzysta poziomu troficznego.

Przeprowadzone badania dostarczają szczegółowych danych na temat akumulacji substancji toksycznych w różnych organach u mew, w tym w ich mózgu. Tkanek wątroby cechował najwyższy wskaźnik toksyczności (TEQ) wyznaczony dla PCDD/Fs, podczas gdy dla mózgowia wyznaczony wskaźnik TEQ był najniższy. W mózgu stwierdziłem obecność tylko jednego, najbardziej toksycznego, kongeneru – 2,3,7,8 TCDD. Spośród OCP, dichlorodifenylotrichloroetan (DDT) i jego izomery zdominowały profil zanieczyszczeń we wszystkich badanych tkankach (wątroba, mięśnie, mózg). Stężenie tych pestycydów było najwyższe w mózgu, a najniższe w mięśniach.

Przeprowadzone przeze mnie badania uwzględniły zróżnicowanie płciowe oraz klasyfikację względem dojrzałości płciowej. Zarówno poziomy PCDD/Fs jak i OCP okazały się wyższe w tkankach i organach dorosłych osobników, co wskazuje na trwałość badanych zanieczyszczeń w organizmach żywych i narastającą z wiekiem ich kumulację.

W ramach moich badań przeprowadziłem analizę różnic w poziomie kumulacji zanieczyszczeń w zależności od płci. Wyniki badań wskazują, że u samców poziomy stężeń tych zanieczyszczeń są wyższe niż u samic, co sugeruje, że samice mogą eliminować te substancje w procesie transferu do jaj. To odkrycie stawia w nowym świetle mechanizmy, które regulują dystrybucję i eliminację zanieczyszczeń środowiskowych w organizmach różnych płci. Ponadto, w kontekście najnowszych badań<sup>23</sup> dotyczących wpływu pestycydów na płodność mężczyzn, moje odkrycie nabiera szczególnej wagi. Jest to nie tylko ważne osiągnięcie naukowe, ale także kluczowy aspekt w zrozumieniu, jak zanieczyszczenia środowiska mogą wpływać na zdrowie reprodukcyjne obu płci. Uzyskane przeze mnie wyniki mogą być punktem wyjścia dla dalszych badań w tej dziedzinie oraz dla podejmowania decyzji w zakresie zdrowia publicznego.

Równolegle przeprowadzone badania wskazują, że wątroba ptaków okazała się miejscem docelowej akumulacji zanieczyszczeń. W pracy oceniłem mechanizm sekwestracji wątrobowej PCDD/Fs i ujawniłem, że wraz ze wzrostem ilości podstawników chloru w kongenerach PCDD/Fs wzrasta zdolność ich zatrzymania w wątrobie. Ma to szczególnie istotne znaczenie

---

<sup>23</sup> *Moreira, S., Pereira, S. C., Seco-Rovira, V., Oliveira, P. F., Alves, M. G., Pereira, M. D. L. (2021). Pesticides and male fertility: A dangerous crosstalk. Metabolites, 11(12), 799.*

w kontekście transferu zanieczyszczeń z organizmu matki do potomstwa. W przypadku ptaków, lipidy żółtka jaja syntezowane są w wątrobie. Zwiększona zatem zdolność eliminacji nisko chlorowanych, a co za tym idzie, najbardziej toksycznych kongenerów w procesie formowania jaja, ujawnia mechanizm transferu oczyszczającego organizm samicy z najbardziej toksycznych zanieczyszczeń środowiska zakumulowanych w jej organizmie, poprzez ich przekazanie do przyszłego pokolenia. Zjawisko to ma szczególne znaczenie w kontekście toksycznych skutków jakie wywierają w organizmach badane zanieczyszczenia.

### **Rezultaty:**

1. Moje badania potwierdziły, że wątroba jest najbardziej narażonym organem na akumulację PCDD/Fs i OCP, przy tym u samic jest ona mniej obciążona niż u samców. Ujawniłem mechanizm zachodzący u samic, polegający na eliminacji zanieczyszczeń środowiskowych prawdopodobnie poprzez wątrobową syntezę lipidów, które następnie są wbudowywane w żółtko jaja. Ta obserwacja rzuca nowe światło na istotne różnice w mechanizmach, które regulują dystrybucję i eliminację substancji toksycznych z organizmów różnych płci. Poznanie tego zjawiska ma również głębokie implikacje dla zdrowia reprodukcyjnego.
2. Na podstawie przeprowadzonych badań udowodniłem, że kumulacja TZO w organizmach ptaków zależna jest od diety i poziomu troficznego, z którego pobierają pokarm. Natomiast wraz z dojrzałością płciową i wiekiem poziomy zanieczyszczeń kumulowanych w ich organizmach rosną.
3. W ramach moich badań zidentyfikowałem mechanizm sekwestracji wątrobowej PCDD/Fs. Odkryłem, że akumulacja tych toksyn w wątrobie ptaków jest ściśle powiązana z ilością podstawników chloru w cząsteczce. Co więcej, najbardziej toksyczne kongenery PCDD/Fs wykazały większą zdolność do eliminacji z organizmu. Ta obserwacja ma istotne znaczenie w zrozumieniu, jak różne kongenery PCDD/Fs oddziałują z organizmami ptaków, a także, w jakim stopniu mogą wpływać na ich zdrowie. Wykonane przeze mnie badania dostarczają nowych informacji do naukowego dyskursu dotyczącego toksykologii PCDD/Fs.
4. W trakcie moich badań zaobserwowałem, że najbardziej toksyczny kongener PCDD/Fs – 2,3,7,8 TCDD, posiada zdolność przenikania bariery krew-mózg. To odkrycie jest niezwykle ważne, gdyż bariera krew-mózg pełni kluczową rolę w ochronie układu nerwowego przed potencjalnie szkodliwymi substancjami obecnymi we krwi. Fakt, że 2,3,7,8 TCDD może ją przenikać, wskazuje na potencjalne ryzyko neurotoksyczności

tego kongeneru i podkreśla potrzebę dalszych badań dotyczących jego wpływu na układ nerwowy.

#### #4 PUBLIKACJA

**A.R. Reindl**, L. Falkowska, A. Grajewska (2019) *Halogenated organic compounds in the eggs of aquatic birds from the Gulf of Gdansk and Wloclawek Dam (Poland)* Chemosphere 237, 124463

Obecność i rozmieszczenie zanieczyszczeń w ptasich jajach dostarcza ważnych informacji o potencjalnych źródłach zanieczyszczenia, dynamice sieci troficznej oraz potencjalnym wpływie na reprodukcję i przeżycie przyszłego pokolenia. Badania przedstawione w niniejszej pracy stanowią cenny wkład w toksykologię, podkreślają bowiem znaczenie monitorowania dzikiej przyrody dla zrozumienia zanieczyszczenia środowiska i zarządzania nim. Zrozumienie obecności i stężenia badanych zanieczyszczeń w dzikiej przyrodzie zapewnia wgląd w stan środowiska w regionie. Może też służyć jako wskaźnik do oceny wpływu presji antropogenicznej na lokalne ekosystemy. Ptaki, jako uznane bioindykatory zanieczyszczeń środowiska, stanowią doskonały obiekt badań zanieczyszczenia środowiska ich bytowania. Jednocześnie różnice w preferencjach pokarmowych ptaków pozwalają na wyprowadzanie wniosków o wpływie diety na zanieczyszczenie ich organizmu.

Badania obecności polichlorowanych dibenzo-para-dioksyn, dibenzo-furanów (PCDD/Fs), polichlorowanych bifenyli (PCBs) oraz polibromowanych difenylowych eterów (PBDE) w jajach przeprowadziłem na trzech gatunkach ptaków: rybitwie czubatej (*Sterna sandvicensis*) i rybitwie rzecznej (*Sterna hirundo*) z Zatoki Gdańskiej (strefa brzegowa południowego Bałtyku) reprezentujących konsumentów żywności pochodzenia morskiego, oraz mewie srebrzystej (*Larus argentatus*) z kolonii lęgowej na zaporze wodnej we Włocławku (zbiornik śródlądowy) reprezentującej zwierzęta wszystkożerne i padlinożerne, o urozmaiconej diecie uzupełnianej również pokarmem pochodzenia morskiego.

Przedstawione w mojej pracy wyniki o zawartości PBDE w jajach ptaków wodnych stanowią dotychczas najobszerniejsze studium, obejmujące 24 kongenery PBDE zbadane w jajach ptaków wodnych. Uzupełnia to wiedzę nt. poziomu tych zanieczyszczeń środowiska u ptaków z różnych rejonów bytowania i o różnych preferencjach pokarmowych. Uzyskane wyniki potwierdzają, że badane TZO ulegają przeniesieniu do przyszłego pokolenia. Profile zanieczyszczeń różnią się w zależności od lokalizacji i gatunku, odzwierciedlając różne źródła

narażenia, a co za tym idzie pozwalają na zróżnicowanie stanu zanieczyszczenia środowiska ich bytowania.

Najwyższą toksyczność, wyrażoną na podstawie obliczonego równoważnika toksyczności (*ang. toxic equivalency*, TEQ) z uwzględnieniem współczynnika równoważności toksyczności określonego dla ptaków (*ang. toxic equivalency factor*  $TEF_{birds}$ ), wyznaczyłem w jajach rybożernych rybitw, zarówno dla PCDD/Fs, jak i PCB. Natomiast jaja wszystkożernej mewy cechowała kilkukrotnie niższa toksyczność (tab. 2). Przeprowadzone badania wskazują na odmienny układ poziomu stężeń PBDE, których sumaryczna zawartość w jajach mewy była niespełna dwukrotnie wyższa od stężeń, stwierdzonych w jajach ptaków całkowicie zależnych od pokarmu pochodzenia morskiego. Średnie stężenie PBDE w jajach mewy ( $198.31 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw.}$ ) było około dwa razy wyższe niż w jajach rybitw (rybitwa czubata:  $76.96 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw.}$ ; rybitwa rzeczna:  $113.73 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw.}$ ), a kongener deca-BDE wykryto tylko w jajach mewy srebrzystej.

**Tab. 2. Współczynnik toksyczności wyznaczony w jajach ptaków wodnych**

Grupa związków	Współczynnik toksyczności $TEQ_{birds} TEF$		
	Mewa srebrzysta	Rybitwa czubata	Rybitwa rzeczna
	<i>gatunek wszystkożerny</i>	<i>gatunki preferujące pokarm pochodzenia morskiego</i>	
PCDDFs	18.80	93.97	68.35
PCB (non i mono orto)	129.36	201.32	141.36

Różnice w profilu zanieczyszczeń, które ujawniłem pomiędzy gatunkami i lokalizacjami, mogą stanowić wskazówkę dla przyszłych badań. Różnice te mogą potencjalnie prowadzić do różnych skutków dla populacji ptaków.

### **Rezultaty:**

1. W badaniach potwierdziłem, że poziomy zanieczyszczeń w jajach różnych gatunków ptaków wskazują na znaczenie diety, jako głównego źródła ekspozycji na zanieczyszczenia. Potwierdziłem również, że zanieczyszczenia przenoszone są z organizmu matki do jaj zależnie od diety, a co za tym idzie narażenia pokarmowego. Stwierdziłem wyższą toksyczność w jajach rybitw, co wskazuje na potencjalne ryzyko konsekwencji zdrowotnych u konsumenta zależnego wyłącznie od pokarmu pochodzenia morskiego, narażonego na wyższe poziomy PCDD/Fs i PCB w diecie.

2. Wykrycie wyższych stężeń PBDE w jajach mewy srebrzystej wskazuje na potencjalne zagrożenie dla tego gatunku, który w badaniu odzwierciedlał narażenie konsumenta, uzupełniającego jedynie dietę o pokarm pochodzenia morskiego.
3. Na podstawie wyników moich badań zaobserwowałem, że zanieczyszczenia środowiska akumulują się w odmienny sposób wśród różnych gatunków ptaków.

#### #5 PUBLIKACJA

**A.R. Reindl**, L. Falkowska (2019) *Food source as a factor determining birds' exposure to hazardous organic pollutants and egg contamination*  
Marine and Freshwater Research 71(4) 557-568

Praca ta jest uzupełnieniem i rozszerzeniem badań prowadzonych na jajach ptaków o różnych preferencjach pokarmowych (#Publikacja 4). Obejmuje ona rozszerzenie analizy na kongenery polichlorowanych bifenyli niewykazujących podobnej budowy strukturalnej do 2,4-7,8 tetrachloro dibenzo-para-dioksyny (TCDD) oraz izomery heksabromocyklododekanu (HBCD). W tym miejscu należy wskazać, że na etapie prowadzenia badań, HBCD uznawany był za potencjalnie niebezpieczne zanieczyszczenie środowiskowe (ang. *emergency contaminant*). Na mocy rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1021 z dnia 20 czerwca 2019r., dotyczącego trwałych zanieczyszczeń organicznych, objęty został zakazem wytwarzania, wprowadzania do obrotu i stosowania. HBCD został sklasyfikowany jako substancja zaburzająca układ hormonalny, która działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe negatywne skutki. Na związek ten człowiek narażony jest drogą pokarmową i drogą inhalacyjną.

#### **Rezultaty:**

1. Zanieczyszczenia, które zbadałem są przenoszone z organizmu matki do jaj. W przypadku HBCD obserwowałem transfer o tendencjach podobnych do tych znanych dla PCDD/Fs i PCB. Z moich badań wynika, że najwyższy poziom transferu występuje u konsumentów, spożywających głównie pokarm pochodzenia morskiego.
2. Spośród przebadanych izomerów HBCD dominujący okazał się izomer alfa, który wykazuje największą zdolność do kumulacji w organizmach żywych, a jak wynika z moich badań, również w najwyższym stopniu ulega przeniesieniu do potomstwa.

---

## **Podsumowanie**

Osiągnięcie naukowe, przedstawione w cyklu powiązanych tematycznie publikacji omówionych powyżej, koncentruje się na badaniu wpływu trwałych zanieczyszczeń organicznych, takich jak związki bromoorganiczne (opóźniacze palności, bromowane etery difenylowe) i chlorowane związki organiczne (pestycydy, PCDD/Fs, PCB) na konsumentów wyłącznie zależnych od pokarmów pochodzenia morskiego lub uzupełniających swoją dietę tymi pokarmami.

Osiągnięcie to ma również istotne znaczenie dla szacowania narażenia, oraz prognozowania kumulacji i mechanizmów eliminacji badanych związków u ludzi, zwłaszcza tych, którzy wybrali dietę pescowegetariańską, czy dietę z przewagą pokarmów morskich.

Rozpoznanie ekspozycji pokarmowej, dystrybucji wewnątrzustrojowej i dróg eliminacji zanieczyszczeń środowiska wymagało postawienia celów szczegółowych, których realizacja pozwoliła na wysunięcie wniosków kluczowych, które zawarte są w części Autoreferatu omawiającej szczegółowo publikacje stanowiące tzw. dzieło.

Jednym z istotnych tematów badań była ekspozycja organizmów na wyższych poziomach troficznych – konsumentów, na TZO, poprzez spożycie pokarmu pochodzenia morskiego. Pokarm ten, choć bogaty w wartości odżywcze, może być także źródłem ksenobiotyków - substancji obcych dla organizmu, które mogą wywoływać różnorodne skutki zdrowotne. Moje badania skoncentrowane były na ptakach morskich, jako bioindykatorach środowiska. Różnorodność w diecie badanych ptaków, spowodowana ich odmiennymi preferencjami pokarmowymi, umożliwiła mi badanie osobników, których pożywienie charakteryzuje się odmiennymi źródłami zanieczyszczenia. Wykazałem, że konsumenci, którzy spożywają głównie pokarm pochodzenia morskiego, są bardziej narażeni na wyższe stężenia TZO w porównaniu z konsumentami o bardziej zróżnicowanej diecie. Ponadto ujawniłem, że bioakumulacja i biomagnifikacja TZO wzrasta wraz z wiekiem ptaków, co wskazuje na chroniczne narażenie na zanieczyszczenia środowiska.

W ujęciu dystrybucji wewnątrzustrojowej szczególnie istotne są uzyskane wyniki dotyczące roli wątroby w sekwestracji i transferze oczyszczającym. Moje badania wskazują, że wątroba jest najbardziej narażonym organem na akumulację PCDD/Fs i OCP, przy czym u samic jest ona mniej obciążona niż u samców. Potwierdziłem istotne różnice w mechanizmach, które regulują dystrybucję i eliminację tych substancji w organizmach różnych płci, co jest kluczowe dla zrozumienia, jak zanieczyszczenia środowiska wpływają na zdrowie reprodukcyjne.



Istotnym elementem omawianego osiągnięcia naukowego jest również poznanie mechanizmu sekwestracji wątrobowej PCDD/Fs. Odkryłem, że akumulacja tych toksyn w wątrobie ptaków jest ściśle powiązana z ilością podstawników chloru w cząsteczce. Ponadto, wykazałem mechanizm transferu oczyszczającego organizm samicy z zanieczyszczeń środowiska poprzez ich przekazanie do przyszłego pokolenia i ujawniłem, że obejmuje on przede wszystkim eliminację najbardziej toksycznych zanieczyszczeń.

Ważnym aspektem moich badań w obszarze mechanizmów transportu wewnątrzustrojowego zanieczyszczeń w organizmie konsumenta było określenie zdolności badanych zanieczyszczeń do przenikania przez barierę krew-mózg, a wyniki tych badań potwierdziły zdolność do pokonania tej bariery przez najbardziej toksyczny kongener PCDD/Fs.

Podsumowując, opisane osiągnięcie naukowe dostarcza ważnych informacji na temat ryzyka zdrowotnego, związanego z konsumpcją pokarmów pochodzenia morskiego oraz wpływu zanieczyszczeń środowiska na zdrowie i reprodukcję konsumentów. Moje badania pozwalają też na zrozumienie roli wątroby w transferze oczyszczającym, jak również lepsze zrozumienie mechanizmów neurotoksycznego oddziaływania PCDD/Fs.

### ***Wkład osiągnięcia naukowego do rozwoju dyscypliny nauk o zdrowiu***

Osiągnięcie naukowe prezentowane w niniejszym cyklu obejmuje holistyczne podejście do zagadnienia narażenia środowiskowego organizmów na wyższym poziomie troficznym – konsumentów, w kontekście spożycia pokarmu pochodzenia morskiego. Rozpoznane wielkości chronicznej ekspozycji pokarmowej uzupełniają wiedzę o rzeczywistym poziomie narażenia i są podstawą do wnioskowania o wpływie toksycznego oddziaływania na organizm dawki chronicznej TZO przyjmowanych z pożywieniem. Określenie rzeczywistego stopnia narażenia pozwala dokładniej ocenić ryzyko zdrowotne dla konsumentów spożywających pokarmy morskie, co jest kluczowe dla podejmowania decyzji dotyczących zdrowia publicznego.

Moje badania uzupełniają wiedzę o mechanizmach wewnątrzustrojowej dystrybucji zanieczyszczeń środowiska w organizmie, z jednoczesnym wskazaniem roli wątroby i mechanizmów selektywnej sekwestracji wątrobowej oraz zdolności najbardziej toksycznych zanieczyszczeń (TCDD) do przenikania bariery krew-mózg. Pozwala to na zrozumienie mechanizmów neurotoksyczności i umożliwia dalsze wnioskowania, w jaki sposób mogą one wpływać na układ nerwowy, prowadząc do m.in. zaburzeń neurologicznych, kognitywnych czy behawioralnych. Zrozumienie mechanizmów dystrybucji tych zanieczyszczeń pomaga w ocenie

---

ryzyka zdrowotnego związanego z narażeniem na TZO, zwłaszcza w kontekście potencjalnych efektów neurotoksycznych.

Uzyskane wyniki mogą być wsparciem dla hipotez etiologicznych. Dostarczają one wiedzy naukowej dla potrzeb określania wielkości narażenia środowiskowego na zanieczyszczenia w określaniu etiologii niektórych chorób przewlekłych, zwłaszcza tych o niejasnym podłożu, które mogą być związane z ekspozycją na TZO. Natomiast zrozumienie mechanizmów dystrybucji TZO w organizmie może prowadzić do opracowania nowych strategii terapeutycznych, zmierzających do zminimalizowania szkodliwego wpływu zanieczyszczeń środowiska na organizmy.

Zrozumienie mechanizmów eliminacji pozwala natomiast na ocenę efektywności usuwania zanieczyszczeń środowiskowych z organizmu konsumenta. Równoległe ujawnienie zdolności TZO do przenoszenia do przyszłego potomstwa (ang. *maternal transfer*) ma wiele konsekwencji i implikacji, zarówno z punktu widzenia badań naukowych, jak i zdrowia publicznego, w tym środowiskowego. W przypadku TZO przenoszonych z matki na embrion, istnieje ryzyko zakłóceń w rozwoju embrionalnym, które mogą prowadzić do wad wrodzonych, zaburzeń neurologicznych lub innych problemów zdrowotnych. Zdolność TZO do przenoszenia do przyszłego potomstwa może mieć długotrwałe konsekwencje zdrowotne dla tego potomstwa, które mogą nie być widoczne od razu po urodzeniu. Ujawnienie zdolności TZO do przenoszenia do przyszłego potomstwa daje podstawy do planowania nowych badań nad mechanizmami przenoszenia tych substancji, ich wpływem na rozwój embrionalny oraz możliwościami interwencji w celu zapobiegania ich szkodliwemu działaniu na organizmy.

Określenie rzeczywistego narażenia może skłonić do dalszych badań nad mechanizmami oddziaływania TZO również na organizm człowieka, nad sposobami ich bioakumulacji czy wpływem na zdrowie. Wyniki moich badań stanowią też podstawy do dalszych badań nad skutkami dla zdrowia ekspozycji na TZO, takich jak zmiany metaboliczne, toksyczność narządowa, efekty neurologiczne, zaburzenia endokrynologiczne, czy ryzyko chorób przewlekłych.

Moje zainteresowania badawcze koncentrują się na obszarze narażenia na zanieczyszczenia środowiska w łańcuchu troficznym i mechanizmach ich dystrybucji, redystrybucji i eliminacji z organizmów żywych. Badania o tak holistycznym podejściu do wpływu zanieczyszczeń środowiska na organizm są istotne zarówno w kontekście zdrowia publicznego, jak i ochrony środowiska. Analizuję bowiem zanieczyszczenia, przemieszczające się przez łańcuch troficzny, a w konsekwencji trafiające do organizmu człowieka, który jest ostatecznym konsumentem.

Ważność mojego kierunku badań potęguje fakt, że chroniczne narażenie środowiskowe może prowadzić do negatywnych skutków zdrowotnych, które nie zawsze są dobrze poznane ani łatwe do przewidzenia na podstawie dostępnych danych toksykologicznych. Stąd pojawiający się szereg wyzwań naukowych w obszarze etiologii chorób przewlekłych indukowanych czynnikiem cywilizacyjnym.

Wskazując na rolę wątroby w sekwestracji i transferze zanieczyszczeń, otwieram nowe drzwi do zrozumienia, jak organizmy, a w konsekwencji także człowiek, radzą sobie z obecnością zanieczyszczeń środowiskowych. Wątroba pełni wiele kluczowych funkcji w organizmie, w tym odpowiada za detoksykację. Jej rola w przechowywaniu i przekazywaniu zanieczyszczeń do przyszłych pokoleń jest obszarem, który zdecydowanie zasługuje na głębsze badania i kontynuowanie rozpoznania mechanizmów selektywnej sekwestracji, przy ekspozycji chronicznej na zanieczyszczenia środowiska oraz w funkcji płciowego zróżnicowania mechanizmów detoksykacji.

Konieczność określania rzeczywistej dawki, a nie szacowania narażenia środowiskowego na zanieczyszczenia i ocena odpowiedzi organizmów żywych na tę ekspozycję są kluczowe. Wiele dostępnych danych toksykologicznych koncentruje się na skutkach ostrej ekspozycji, podczas gdy chroniczna ekspozycja na niskie dawki zanieczyszczeń jest równie ważna, jeśli nie ważniejsza. W rzeczywistości wiele organizmów żywych jest narażonych na niskie dawki wielu różnych zanieczyszczeń przez całe życie, co może prowadzić do kumulacji, ale też synergii oddziaływań, wywierając niepożądane skutki zdrowotne.

Ten obszar badawczy, pozostający w kręgu moich głównych zainteresowań, staje się coraz bardziej istotny i aktualny w kontekście współczesnych wyzwań środowiskowej ekspozycji na EDCs . Ochrona zdrowia i środowiska wymaga dogłębnego zrozumienia mechanizmów, przez które zanieczyszczenia dostarczane są do ekosystemów i organizmów na poszczególnych ogniwach łańcucha troficznego, a moja praca przyczynia się do lepszego ich zrozumienia. W miarę kontynuowania moich badań w tej dziedzinie, przyczyniam się do tworzenia podstaw wiedzy, które mogą prowadzić do lepszej ochrony ludzkiego zdrowia i zarazem środowiska naturalnego.

#### **4. Analiza bibliometryczna**

Analiza bibliometryczna dorobku naukowego, sporządzona przez Bibliotekę Główną Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego na dzień 08.09.2023r., stanowi załącznik nr 5 do

wniosku habilitanta o nadanie tytułu doktora habilitowanego. Podsumowanie wyników analizy biometrycznej zestawiono poniżej:

Sumaryczny Impact Factor:

- całego dorobku naukowego: 36,521
- po uzyskaniu stopnia doktora: 33,337
- po uzyskaniu stopnia doktora (bez osiągnięcia habilitacyjnego): 19,013
- osiągnięcia habilitacyjnego: 14,324
- pozostały dorobek przed uzyskaniem stopnia doktora: 3.184

Łączna punktacja MEiN:

- całego dorobku naukowego: 796
- po uzyskaniu stopnia doktora: 766
- po uzyskaniu stopnia doktora (bez osiągnięcia habilitacyjnego): 481
- osiągnięcia habilitacyjne: 285
- pozostały dorobek przed uzyskaniem stopnia doktora: 30

Łączna liczba doniesień konferencyjnych: 5

Liczba cytowań, na dzień 08.09.2023r., wg:

- Web of Science: 257, bez autocytowań: 220
- Scopus: 277, bez autocytowań: 239

Index Hirscha, na dzień 08.09.2023r., wg:

- Web of Science: 9
- Scopus: 9

## **5. Podsumowanie pozostałego dorobku i osiągnięć naukowych poza cyklem habilitacyjnym**

### **5.1. Pozostały dorobek naukowy**

Głównym nurtem moich zainteresowań badawczych, co wskazałem wcześniej, jest narażenie na zanieczyszczenia oraz rozpoznanie losów tych zanieczyszczeń w organizmach na najwyższych poziomach w hierarchii troficznej badanego ekosystemu. Do tego nurtu badawczego zaliczam prace, których nie załączyłem do cyklu habilitacyjnego (min. z uwagi na Art. 219. 1. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) - jednak uzupełniają one aktualny stan wiedzy w przedmiocie tego zagadnienia, i są to:

Publikacje w czasopismach posiadających współczynnik wpływu IF

1. **A.R. Reindl**, L. Falkowska†, A. Grajewska. *Hexabromocyclododecane contamination of herring gulls in the coastal area of the southern Baltic Sea*. Oceanol. Hydrobiol. Stud. 2020: vol. 49, nr 2, s. 147-156. (IF: 0,821 MEiN: 40)

2. Grajewska, L. Falkowska†, **A. Reindl**. *Evaluation of claws as an alternative route of mercury elimination from the herring gull (*Larus argentatus*)*. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 2019: vol. 48, nr 2, s. 165-173. (IF: 0,753 MEiN: 40)
3. K. Skalska, A. U. Lewandowska, M. Staniszevska, **A. Reindl**, A. Witkowska, L. Falkowska†. *Sources, deposition flux and carcinogenic potential of PM<sub>2,5</sub>-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in the coastal zone of the Baltic Sea (Gdynia, Poland)*. *Air Qual. Atmos. Health.* 2019: vol. 12, nr 11, s. 1291–1301. (IF: 2,87 MEiN: 70)
4. **A.R. Reindl**, J. Bolałek. *Organochlorine contaminants in the Vistula Lagoon sedimentation zone as possible source of lagoon recontamination*. *Environ. Monit. Assess.* 2018: vol. 190, art. ID 442, s. 1-8. (IF: 1,959 MEiN: 25)
5. **A.R. Reindl**, L. Falkowska†, A. Grajewska. *Chlorinated herbicides in fish, birds and mammals in the Baltic Sea*. *Water Air Soil Pollut.* 2015 : vol. 226, art. ID 276, s. 1-8. (IF: 1,551 MEiN: 25)
6. M. Staniszevska, L. Falkowska†, P. Grabowski, J. Kwaśniak, S. Mudrak-Cegiołka, **Reindl, A.R.**, ... A. Zgrundo. *Bisphenol A, 4-tert-octylphenol, and 4-nonylphenol in the Gulf of Gdańsk (Southern Baltic)*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2014: vol. 67, nr 3, s. 335-47. (IF: 1,895 MEiN: 25)
7. L. Falkowska†, **A. R. Reindl**, E. Szumiło, J. Kwaśniak, M. Staniszevska, M. Beldowska, A. Lewandowska, I. Krauze. *Mercury and chlorinated pesticides on the highest level of the food web as exemplified by herring from the Southern Baltic and African penguins from the zoo*. *Water Air Soil Pollut.* 2013 : vol. 224, nr 5, art. ID 1549, s. 1-15. (IF: 1,685 MEiN: 25)
8. **A.R. Reindl**, L. Falkowska†, Emilia Szumiło, Marta Staniszevska. *Residue of chlorinated pesticides in fish caught in the Southern Baltic*. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 2013 : vol. 42, nr 3, s. 251-259. (IF: 1,679 MEiN: 15)
9. **R. Reindl**, J. Bolałek, L. Falkowska†. *Persistent organic pollutants (POPs) in the marine food web : herrings from the southern Baltic Sea (*Clupea harengus*) – penguins from the zoo (*Spheniscus demersus*)*. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 2013 : vol. 42, nr 1, s.51-58. (IF: 1,679 MEiN: 15)
10. L. Falkowska†, A. Lewandowska, M. Staniszevska, A. Witkowska, **A. Reindl**, M. Beldowska. *Sprawozdanie końcowe z realizacji projektu RX-03/20/2011 nt. Aerotoksyny we wdychanym powietrzu aglomeracji trójmiejskiej. Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki, Wodnej w Gdańsku*. Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii, Gdynia, 2013, s. 1-44. (IF: - MEiN: -)

#### Rozdziały w podręcznikach:

11. **A. R. Reindl**. *Halogenowane związki organiczne w ekosystemie Zalewu Wiślanego*. [W:] Zalew Wiślany / red. J. Bolałek. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018, s. 344-353. (IF: - MEiN: 20)
12. **A. R. Reindl**. *Radionuklidy w Zalewie Wiślanym*. [W:] Zalew Wiślany / red. J. Bolałek. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018, s. 374-376. (IF: - MEiN: 20)
13. **A. R. Reindl**, J. Bolałek. *Monitoring wód Zalewu Wiślanego*. [W:] Zalew Wiślany / red. J. Bolałek. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018, s. 405-409. (IF: - MEiN: 20)

14. J. Bolałek, **A. R. Reindl**, M. Staniszevska. *Związki cynoorganiczne w Zalewie Wiślanym*. [W:] Zalew Wiślany / red. J. Bolałek. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018, s. 357-363. (IF: - MEiN: 20)
15. A. Błaszczuk, A. Rychter, **A. R. Reindl**. *Plaże Zalewu Wiślanego – wybrane aspekty zoologiczne*. [W:] Zalew Wiślany / red. J. Bolałek. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018, s. 395-404. (IF: - MEiN: 20)
16. M. Staniszevska, **A. R. Reindl**, J. Bolałek. *Węglowodory w Zalewie Wiślanym*. [W:] Zalew Wiślany / red. J. Bolałek. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018, s. 339-343. (IF: - MEiN: 20)

#### Prace popularnonaukowe:

1. E. Niemirycz, J. Szlinder-Richert, O. Roots. L. Falkowska†, K. Pazdro, A. Zaborska, M. Verta, G. Sapota, M. Witt, **A. R. Reindl**, M. Kobusińska. *Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), polychlorinated dibenzofurans (PCDF) and dioxin-like polychlorinated biphenyls (DL-PCB) in the Baltic and Arctic fish and the further trophic transfer of these pollutants to seabirds*. Journal of Marine Science: Research and Development 2017 : vol. 7, nr 1, art. ID 221, s. 1-7. (IF: - MEiN: 1)

#### Streszczenia ze zjazdów krajowych:

1. **A.R. Reindl**, A. Grajewska, L. Falkowska†. *Halogenowane związki organiczne w jajach ptaków wodnych z południowego Bałtyku*. [W:] XIV Konferencja „Chemia, Geochemia i Ochrona Środowiska Morskiego”, Sopot, 16.10.2020. P13. (IF: - MEiN: -)

Moje zainteresowania w obszarze rozpoznawania losów metali ziem rzadkich (*ang. rare earth elements, REE*) w środowisku stanowią kolejny istotny nurt mojej dotychczasowej działalności naukowej. Metale ziem rzadkich to grupa 17 metali, w której skład wchodzi skand, itr oraz wszystkie lantanowce. Ich współwystępowanie w minerałach i podobieństwo właściwości chemicznych sprawiają, że mają one wiele wspólnych dróg dystrybucji w środowisku. Pierwiastki te uznawane są obecnie za potencjalnie niebezpieczne zanieczyszczenia środowiska (*ang. emergency contaminants*). REE zyskały szerokie zastosowanie w nowoczesnych technologiach, od ekranów smartfonów, przez baterie, aż po technologie obronne i kosmiczne. Ich unikalne właściwości magnetyczne, optyczne i katalizujące czynią je niezastąpionymi w wielu zaawansowanych aplikacjach przemysłowych. Co więcej, pewne metale ziem rzadkich odgrywają kluczowe role w medycynie, na przykład w obrazowaniu medycznym.

Jednak rosnące wydobycie i użycie tych metali prowadzi do zwiększenia ich obecności w środowisku. Nie można pominąć faktu, że każdy proces wydobycia i produkcji wiąże się z emisją odpadów i potencjalnym wprowadzeniem tych pierwiastków do ekosystemów wodnych, gleby czy powietrza. Pomimo, że REE naturalnie występują w skorupie ziemi, ich nieproporcjonalne stężenia, wynikające z działalności człowieka, mogą stwarzać ryzyko dla

organizmów żywych. Wiele badań naukowych wskazuje na potencjalne toksyczne właściwości niektórych REE dla organizmów wodnych i glebowych, co może prowadzić do zakłóceń w łańcuchach troficznych i ostatecznie wpłynąć na zdrowie człowieka. Tak więc, mamy do czynienia z paradoksem. Z jednej strony metale ziem rzadkich są kluczem do postępu technologicznego i medycznego, z drugiej mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia i stabilności ekosystemów. Dlatego tak ważne jest, aby nauka dostarczała dokładnych danych na temat wpływu REE na środowisko i zdrowie w szerokiej perspektywie.

Wydobycie tych metali koncentruje się w kilku regionach, w tym w Chinach, USA czy Indiach. Najnowsze doniesienia mówią o nowo odkrytych złożach w Europie (Kurina, Szwecja), czyniąc zagadnienie rozpoznania losów REE w środowisku oraz ich oddziaływania na organizmy niezwykle istotnym.

Moją uwagę przykuła w szczególności Antarktyda, region nie tylko nieskażony działalnością człowieka, ale również miejsce, w którym metale ziem rzadkich występują jako naturalne składniki podłoża skalnego. Dzięki współpracy z naukowcami z Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego oraz Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego, udało mi się pozyskać próbki z tego regionu świata, co umożliwiło mi jego eksplorację w kontekście REE. Moje badania koncentrowały się nie tylko na określeniu poziomu tych metali w różnych komponentach środowiska, ale również na zrozumieniu mechanizmów ich działania w organizmach - od procesów kumulacji po eliminację. Kluczowym aspektem moich dotychczasowych badań było również zrozumienie wpływu działalności człowieka na obecność i dystrybucję REE w środowisku. Czynniki antropogeniczne mogą wpływać na cykle biogeochemiczne tych metali, co może prowadzić do intensyfikacji ich obecności w określonych obszarach lub biotopach.

Nie ulega wątpliwości, że tematyka metali ziem rzadkich jest niezwykle bogata i wielowymiarowa. W moich dalszych badaniach planuję kontynuować rozpoznanie problematyki REE uznawanych za potencjalnie niebezpieczne zanieczyszczenia w różnych ekosystemach oraz rozszerzyć zakres badania na inne obszary świata. W punkcie 4.6. mojego autoreferatu zawarłem szczegółowy plan mojego dalszego postępowania badawczego w tym zakresie.

Poniżej wyszczególnione są prace będące efektem realizacji projektów badawczych dotyczących REE:

Publikacje w czasopismach posiadających współczynnik wpływu IF (w recenzji)

1. **A.R. Reindl**, L. Wolska, A. Piotrowicz-Cieślak, Saniewska D., Bołałek J. Saniewski M., Global climate change as a reason for the input of trace and rare earth elements into the biogeochemical cycle from a newly-formed periglacial environment on the western

---

shore of Admiralty Bay (King George Island, Antarctic). 2023. Sci. Total Environ. – w recenzji Nr manuskryptu: STOTEN-D-23-26775

Publikacje w czasopismach posiadających współczynnik wpływu IF

2. **A.R. Reindl**, D. Saniewska, A. Grajewska, L. Falkowska<sup>†</sup>, M. Saniewski. *Alimentary exposure and elimination routes of rare earth elements (REE) in marine mammals from the Baltic Sea and Antarctic coast*. Sci. Total Environ. 2021: vol. 754, art. ID 141947, s. 1-9. (IF:10,754 - MEiN: 200)
3. **A.R. Reindl**, L. Falkowska<sup>†</sup>. *Trace elements in the muscle, ova and seminal fluid of key clupeid representatives from the Gdansk Bay (South Baltic Sea) and Iberian Peninsula (North-East Atlantic)*. J. Trace Elem. Med. Biol. 2021: vol. 68, art. ID 126803, s. 1-7. (IF: 3,995 - MEiN: 100)

Streszczenia ze zjazdów krajowych:

A. Grajewska, D. Saniewska, **A.R. Reindl**, L. Falkowska<sup>†</sup>, M. Saniewski. Pierwiastki ziem rzadkich (REE) – wnikanie i eliminacja u ssaków morskich zamieszkujących różne obszary litologiczne. [W:] XIV Konferencja "Chemia, Geochemia i Ochrona Środowiska Morskiego", Sopot, 16.10.2020. P14.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora postanowiłem kontynuować i pogłębić moje badania nad mechanizmami uwolnienia metanu ze źródeł naturalnych, które mogą być kluczowe w kontekście globalnych zmian klimatu. Metan, choć występuje w atmosferze w znacznie niższych stężeniach niż dwutlenek węgla, posiada zdolność pochłaniania ciepła blisko 25 razy większą niż ditlenek węgla w ciągu 100 lat, czyniąc go jednym z najważniejszych gazów cieplarnianych. Zrozumienie tego, jak działalność antropogeniczna, intensyfikując proces eutrofizacji, może wpływać na emisję metanu ze źródeł naturalnych, jest niezwykle istotne w kontekście globalnych zmian klimatu i postępujących zmian jakości życia. Eutrofizacja prowadzi do nadmiernego wzrostu flory ekosystemów wodnych w procesie produkcji pierwotnej, której obumarłe szczątki osadzają się na dnie zbiorników wodnych. W środowisku beztlenowym osadów dennych, szczątki te mogą być rozkładane w procesie metanogenezy, prowadząc do biologicznej produkcji metanu w wyniku działalności bakterii metanowych i jego uwolnienia do środowiska. Działalność antropogeniczna, poprzez dopływ składników odżywczych do wód, może zwiększać tempo tego procesu. Moje prace realizowane po doktoracie były ukierunkowane na zbadanie wybranych elementów tych zjawisk. Prace wyszczególnione poniżej zaliczam do nurtu badawczego obejmującego zjawiska metanogenezy:



### **Publikacje po uzyskaniu stopnia doktora**

#### Publikacje w czasopismach posiadających współczynnik wpływu IF

1. **A. R. Reindl**, J. Bolałek. *Biological factor controlling methane production in surface sediment in the Polish part of the Vistula Lagoon*. Oceanol. Hydrobiol. Stud. 2017: vol. 46, nr 2, s. 223-230. (IF: 1,804 MEiN: 15)
2. **A. R. Reindl**, J. Bolałek. *Methane flux from sediment into near-bottom water and its variability along the Hel Peninsula - Southern Baltic Sea*. Cont. Shelf Res. 2014: vol. 74, s. 88-93. (IF: 1,892 MEiN: 30)

#### Rozdziały w podręcznikach:

1. **A.R. Reindl**, J. Bolałek. *Metan w osadach Zalewu Wiślanego*. [W:] Zalew Wiślany / red. J. Bolałek. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018, s. 232-238. (IF:- MEiN: 20)

### **Publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora**

#### Publikacje w czasopismach posiadających współczynnik wpływu IF

1. **A. R. Reindl**, J. Bolałek. *Methanogenic microbial communities in sediment from the coastal area of Puck Bay (Southern Baltic)*. Oceanol. Hydrobiol. Stud. 2012: vol. 41, nr 3, s. 33-39. (IF: 1,592 MEiN: 15)
2. **A. R. Reindl**, J. Bolałek. *Methane flux from sediment into near-bottom water in the coastal area of the Puck Bay (Southern Baltic)*. Oceanol. Hydrobiol. Stud. 2012: vol. 41, nr 3, s. 40-47. (IF: 1,592 MEiN: 15)

#### Rozdziały w podręcznikach:

1. **A. R. Reindl**, J. Bolałek. *Problematyka emisji metanu do powietrza - składowiska odpadów*. [W:] II Pomorska Konferencja z cyklu Jakość Powietrza: materiały konferencyjne / red. Namieśnik Jacek, Wardencki Waldemar, Gromadzka Justyna. Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Gdańsk, 2009, s. 93-102. (IF: - MEiN: -)
2. **A. R. Reindl**, Król P., Bolałek J. *Biochemiczne wytwarzanie metanu perspektywą ograniczania antropogenicznej emisji gazów cieplarnianych*. [W:] Jakość powietrza a jakość życia / red. Wardencki Waldemar. Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Gdańsk, 2011, s. 104-110. (IF: - MEiN: -)

## **5.2. Realizacja projektów finansowanych zewnątrznie i współpraca z innymi jednostkami naukowymi**

Spośród projektów badawczych finansowanych zewnątrznie, w których brałem udział w roli wykonawcy, wskazuję niżej wyszczególnione zrealizowane projekty badawcze:

Nr projektu: N N304 161637

Projekt finansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki pt. Rtęć i Trwałe Zanieczyszczenia Organiczne w guanie z obszarów oddziaływania wody i ładu, zrealizowany pod kierunkiem prof. dr hab. Lucyny Falkowskiej† (Uniwersytet Gdański).  
Rola w projekcie: wykonawca

Nr projektu: RX-03/20/2011

Aerotoksyny we wdychanym powietrzu aglomeracji trójmiejskiej Projekt finansowany ze środków Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku, zrealizowany pod kierunkiem prof. dr hab. Lucyny Falkowskiej† (Uniwersytet Gdańsk)  
Rola w projekcie: wykonawca

### 5.3. Aktywny udział w konferencjach krajowych i zagranicznych

Spośród konferencji naukowych, w których brałem aktywny udział wskazuję:

- XIV Konferencja „Chemia, Geochemia i Ochrona Środowiska Morskiego”  
**Reindl A.R.**, Grajewska A., Falkowska L. †, 2020. Halogenowane związki organiczne w jajach ptaków wodnych z południowego Bałtyku.
- XIV Konferencja „Chemia, Geochemia i Ochrona Środowiska Morskiego”  
Grajewska A., Saniewska D., **Reindl A.R.**, Falkowska L.†., Saniewski M., 2020. Pierwiastki ziem rzadkich (REE) – wnikanie i eliminacja u ssaków morskich zamieszkujących różne obszary litologiczne.
- Międzynarodowa konferencja – Dioksyny w środowisku, nauka dla zdrowia. Instytut Oceanografii. Uniwersytet Gdański. Gdynia  
**Reindl A.R.**, Falkowska. L. †, 2013. Dioksyny i furany w ptakach morskich żywiących się rybami nad Zatoką Gdańską.
- III Pomorska Konferencja z cyklu Jakość Powietrza. Organizator: Politechnika Gdańska w Gdańsku  
**Reindl A.R.**, Król P., Bolałek J., 2011. Biochemiczne wytwarzanie metanu perspektywą ograniczenia antropogenicznej emisji gazów cieplarnianych.
- Konferencja Naukowa z cyklu: Nauka i edukacja Naszą wspólną przyszłością. Organizator: Wyższa Szkoła Zarządzania w Kwidzynie oraz Urząd Miasta i Gminy Sztum  
**Reindl A.R.**, 2010. Metan w środowisku i Morzu Bałtyckim.
- IX Sympozjum Młodych Oceanografów. Organizator: Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego  
**Reindl A.R.**, 2010. Metan i jego geneza w przybrzeżnej strefie Zatoki Gdańskiej (południowy Bałtyk).
- II Pomorska Konferencja z cyklu Jakość Powietrza. Organizator: Politechnika Gdańska w Gdańsku  
**Reindl A.R.**, Bolałek J., 2009. Problematyka emisji metanu do powietrza – składowiska odpadów.

#### **5.4. Opracowanie recenzji artykułów naukowych**

Wykaz czasopism naukowych, w których recenzowałem publikacje naukowe wyszczególniłem poniżej, wraz ze wskazaniem ilości zrecenzowanych prac.

Science of the Total Environment 3 prace

Archives of Environmental Contamination and Toxicology 2 prace

Environmental Science and Pollution Research 1 praca

Environmental Science & Technology 1 praca

Water Air and Soil pollution 2 prace

#### **5.5. Wpływ na otoczenie społeczne i gospodarcze**

Wpływ na otoczenie społeczne i gospodarcze ma moja dotychczasowa aktywność w obszarze eksperckim, nierozdzielnie związana ze współpracą z jednostkami samorządu terytorialnego. W ramach współpracy z Miastem i Gminą Nowy Staw (2023r.) opracowałem projekt koncepcyjny pn. *Retencja, melioracja i zrównoważona gospodarka wodna wraz z rekreacją w Nowym Stawie wraz z utworzeniem Centrum Edukacji o zrównoważonym rozwoju z aspektami zdrowia środowiskowego*. Wydałem również dwie opinie eksperckie (w latach 2022-2023) na rzecz Gminy Cewice.

Wykonywałem wiele opracowań o charakterze eksperckim na zlecenie przedsiębiorców, wśród których wymienić należy m.in. opracowania dla:

##### **GRUPA ŻYWIEC SA – Browar w Elblągu**

- 2023\_ Operat wodnoprawny na wprowadzanie do urządzeń kanalizacyjnych Elbląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. ścieków przemysłowych z terenu magazynu wyrobów gotowych, należącego do Grupy Żywiec SA - Browar w Elblągu
- 2022\_ Operat wodnoprawny na wprowadzanie do urządzeń kanalizacyjnych Elbląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. ścieków przemysłowych z Browaru w Elblągu
- 2021\_ Opracowanie dokumentacji wniosku o zmianę i ujednoczenie pozwolenia zintegrowanego dla instalacji do produkcji piwa – Browar w Elblągu
- 2019\_ Operat wodnoprawny na wprowadzanie do urządzeń kanalizacyjnych Elbląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. ścieków przemysłowych z terenu magazynu wyrobów gotowych, należącego do Grupy Żywiec SA - Browar w Elblągu
- 2018\_ Operat wodnoprawny na wprowadzanie do urządzeń kanalizacyjnych Elbląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. ścieków przemysłowych z Browaru w Elblągu

### **BROWAR BRANIEWO Sp. z o.o.**

- 2023\_ Operat wodnoprawny na odprowadzanie na pobór wód podziemnych z ujęcia wód podziemnych dla Browaru w Braniewie składającego się z siedmiu otworów (studni głębinowych)
- 2022\_ Operat wodnoprawny na odprowadzanie ścieków przemysłowych do kanalizacji z Browaru w Braniewie

### **WODOCIĄGI MIEJSKIE Sp. z o.o. w Braniewie**

- 2021\_ Operat wodnoprawny na szczególne korzystanie z wód polegające na odprowadzaniu do ziemi (zbiornik ziemny) wód opadowych pochodzących z terenu Kompostowni Osadów ściekowych w Braniewie
- 2020\_ Operat wodnoprawny na wprowadzanie wykonanie urządzenia wodnego i odprowadzanie wód popłucznych ze stacji uzdatniania wody w Rogitach do ziemi
- 2019\_ Opracowanie dokumentacji wniosku o udzielenie zezwolenia na zbieranie i zezwolenia na przetwarzanie odpadów metodą kompostowania
- 2018\_ Opinia ekspercka w przedmiocie przeglądu ekologicznego Kompostowni Przymowej Osadów Ściekowych - Raport
- 2018\_ Operat wodnoprawny na wprowadzanie oczyszczonych ścieków komunalnych do rzeki Pasłęki

### **SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY Sp. z o.o.**

- 2021\_ Opinia ekspercka w przedmiocie obowiązku uzyskania zezwolenia na zbieranie odpadów

### **Przedsiębiorstwo „NOGAT” Sp. z o.o.**

- 2022\_ Opracowanie dokumentacji wniosku o pozwolenie na wytwarzanie odpadów dla obiektu oczyszczalni ścieków dla Miasta Malborka

### **Zakład Gospodarki Komunalnej i Mieszaniowej w Malborku Sp. z o.o.**

- 2019\_ Opracowanie dokumentacji wniosku o aktualizację zezwolenia na zbieranie i zezwolenia na przetwarzanie odpadów

### **RD Bud Sp. z o.o.**

- 2020\_ Opinia w przedmiocie oddziaływania akustycznego sklepu CASTORAMA w Olsztynie na klimat akustyczny przy obiektach chronionych
- 2019\_ Opinia w przedmiocie oddziaływania akustycznego sklepu CASTORAMA w Elblągu na klimat akustyczny przy obiektach chronionych
- 2019\_ Opinia w przedmiocie oddziaływania akustycznego sklepu DECATHLONE w Olsztynie na klimat akustyczny przy obiektach chronionych

### **CASTIM Sp. z o.o.**

- 2020\_ Opinia w przedmiocie oddziaływania sklepu CASTORAMA w Olsztynie na klimat akustyczny przy obiektach chronionych i na granicy terenu inwestycji w

związku z rutynowym testowaniem i eksploatacją w sytuacji awaryjnej wentylatorów przeciwpożarowych

### **Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. w Braniewie**

- 2020\_ Opracowanie dokumentacji wniosku o aktualizację zezwolenia na przetwarzanie odpadów

Jestem również biegłym ds. ochrony środowiska i chemii morza z listy Prezesa Sądu Okręgowego w Gdańsku. Dotychczas wydałem 10 opinii eksperckich dla Sądów oraz innych organów władzy państwowej i publicznej.

### **5.6. Dalsze plany naukowe**

W najbliższym czasie zamierzam podjąć się realizacji trzech głównych projektów naukowych:

- 1) Zakończenie rozpoczętych badań nad rozpoznawaniem i zgłębianiem wiedzy na temat losów metali ziem rzadkich (REE) w organizmach i środowisku;
- 2) Zakończenie rozpoczętych badań eksploracji obszarów polarnych w zakresie transferu oczyszczającego organizm ptaków i ssaków z PCDD/Fs;
- 3) Podjęcie nowego projektu poszukiwania markerów odpowiedzi organizmu na zanieczyszczenia środowiska.

Ad. 1)

REE odgrywają kluczową rolę w wielu nowoczesnych technologiach, ale ich obecność w środowisku jest wciąż niewystarczająco zbadana pod kątem potencjalnych zagrożeń. Celem badań jest zrozumienie transferu metali ziem rzadkich do przyszłych pokoleń u ssaków oraz rozpoznanie zależności pomiędzy REE, a innymi metalami śladowymi. Planuję to osiągnąć poprzez analizę krwi fok szarych ze stacji morskiej w Helu. Badaniami objąłem foki, które stale przebywają w tej lokalizacji (tzw. foki rezydentki) oraz ich potomstwo. Głównym celem tego projektu jest zrozumienie, czy i w jakim stopniu metale ziem rzadkich przenikają do organizmów morskich i czy są przekazywane następnym pokoleniom. Ponadto, w świetle obaw wielu naukowców dotyczących potencjalnych negatywnych skutków obecności REE w środowisku, planuję również zbadać zależność między nimi a innymi metalami śladowymi, które mogą negatywnie wpływać na zdrowie ssaków. W ramach tego zadania badawczego będę współpracować z zespołem specjalistów, w tym weterynarzami oraz ekspertami ze Stacji Morskiej im. Prof. Krzysztofa Skóry Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego.

Ad. 2)

Dioksyny i furany to substancje chemiczne, które charakteryzują się trwałością w środowisku i zdolnością do kumulacji w organizmach żywych. Ich obecność w obszarach polarnych jest

szczególnie istotna, ze względu na zdolność tych związków do przemieszczania się na duże odległości w powietrzu i gromadzenia się w tkankach biologicznych. Celem tego zadania badawczego jest przeprowadzenie badań dotyczących eliminacji dioksyn i furanów z organizmów ptaków i ssaków zamieszkujących obszary polarne. Badania przeprowadzę na guanie ptaków morskich oraz odchodach ssaków (słoń morski, uchatka) z kolonii znajdujących się na zachodnim wybrzeżu Zatoki Admiralicji (Wyspa Króla Jerzego, Antarktyda). Projekt ma na celu zidentyfikowanie obecności tych trwałych zanieczyszczeń środowiska, a także określenie źródeł ich występowania. Planowane zadanie badawcze ma na celu dostarczenie nowych informacji na temat źródeł dioksyn i furanów w obszarach polarnych oraz mechanizmu ich eliminacji z organizmu ptaków i ssaków.

Ad. 3)

Zanieczyszczenia środowiska od dawna wpływają na zdrowie ekosystemów i ludzi. Moje wcześniejsze badania pokazały obecność trwałych zanieczyszczeń środowiskowych w morskim łańcuchu troficznym, podkreślając ryzyko dla ludzi jako ostatecznych konsumentów diety morskiej. Zanieczyszczenia te przedostają się do organizmów nie tylko przez pokarm, ale również poprzez inhalację i kontakt ze skórą. Celem planowanych do podjęcia badań jest identyfikacja markerów w krwi obwodowej, które mogą wskazywać na genotoksyczne oddziaływanie środowiska na badane populacje, przy jednoczesnej analizie stanu ekosystemu, w którym te organizmy żyją. W ramach tego projektu planuje wykonać badania na trzech grupach badawczych: 1) ssaki zależne wyłącznie od diety morskiej; 2) myszy polne narażone na wpływ działalności rolniczej, w szczególności na chemizację w rolnictwie oraz 3) ludzie o różnych preferencjach pokarmowych i narażeniu na czynniki środowiskowe - uwzględniając różne grupy wiekowe i różne style życia.

Rozumienie, jak zanieczyszczenia wpływają na zdrowie organizmów żywych i ludzi, jest kluczowe dla ochrony zdrowia publicznego i ekosystemów. Ten projekt ma na celu dostarczenie kluczowych informacji, które mogą pomóc w kształtowaniu polityki środowiskowej i zdrowotnej. Oczekuję, że badanie pomoże zidentyfikować konkretne markery, wskazujące na genotoksyczne oddziaływanie zanieczyszczeń środowiska na badane populacje. Te informacje będą nieocenione dla oceny ryzyka zdrowotnego. W ramach tego projektu będę współpracować. W ramach tego projektu planuję podjęcie współpracy z Katedrą i Zakładem Fizjopatologii Wydziału Lekarskiego Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego w zakresie analizy próbek i interpretacji wyników.

## **VI. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej**

Kursy zagraniczne:

- Baltic University, Uppsala.

W roku 2005 odbyłem kurs pt. „The Baltic Sea Environment course” zorganizowany przez Uniwersytet w Uppsali zrealizowany w ramach projektu Baltic University Programme

Udział w projektach badawczych:

- Wykonawca w projekcie: Rtęć i Trwałe Zanieczyszczenia Organiczne w guanie z obszarów oddziaływania wody i ładu, finansowanie ze środków NCN
- Wykonawca w projekcie: Aerotoksyny we wdychanym powietrzu aglomeracji trójmiejskiej, finansowanie ze środków FOŚiGW w Gdańsku,

Współpraca z innymi jednostkami naukowymi i badawczymi:

- Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego (obecnie Wydział Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego)

W ramach współpracy realizowałem w roli wykonawcy dwa projekty badawcze finansowane ze źródeł zewnętrznych, co wskazałem wcześniej. Ponadto współpracowałem i nadal współpracuję z naukowcami z tego ośrodka badawczego w obszarze realizacji zadań badawczych, ale nade wszystko dostępu do próbek materiałów biologicznych (organizmów morskich), które stanowią materiał do realizacji moich badań. Współpraca obejmuje również udostępnienie mi przez tę jednostkę próbek środowiskowych pobranych z obszarów polarnych.

- Stacja Morska in. Prof. Krzysztofa Skóry Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego

Współpraca obejmowała pobieranie próbek biologicznych do badań, które realizuję obecnie oraz współdziałanie w rozpoznaniu biologii i ekologii foki szarej, której reintrodukcję prowadził ten ośrodek.

## VII. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę lub sztukę

W latach 2012-2014 pełniłem funkcję Prodziekana Wydziału Inżynierii Lotniczej i Środowiska Wyższej Szkoły Służb Lotniczych. Podejmowałem decyzje w sprawach studenckich oraz rozpatrywałem inne, indywidualne sprawy studentów. Realizowałem zadania organizacyjne obejmujące zmianę toku i profilu studiów na charakter praktyczny oraz uczestniczyłem w zespole zatwierdzającym program studiów na kierunku Ochrona Środowiska. Podczas zatrudnienia na Wydziale Inżynierii Lotniczej i Środowiska Wyższej Szkoły Służb Lotniczych zasiadałem w komisjach egzaminacyjnych, w tym również w charakterze przewodniczącego komisji.

W roku 2012 byłem współorganizatorem konferencji „Ochrona środowiska wyzwania współczesne” organizowanej przez Wyższą Szkołę Środowiska w Bydgoszczy, na której wygłosiłem wystąpienie pn. *Wpływ eutrofizacji Bałtyku na emisję gazów cieplarnianych – metan.*

Podczas mojego dotychczasowego zatrudnienia byłem recenzentem kilkudziesięciu prac licencjackich, inżynierskich oraz magisterskich oraz promotorem niżej wyszczególnionych prac:

- na kierunku Ochrona Środowiska (Wyższa Szkoła Służb Lotniczych w Bydgoszczy)
  - 4 prace magisterskie
  - 11 prac inżynierskich
- na kierunku Zarządzanie, specjalność Menadżersko-prawna (Wyższa Szkoła Administracji i Biznesu w Gdyni)
  - 15 prac magisterskich
  - 3 prace licencjackie

## VIII. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej

Moje prace naukowe opublikowane na łamach kwartalnika naukowego Oceanological and Hydrobiological Studies zostały nagrodzone trzykrotnie. Otrzymałem niżej wymienione nagrody:

- 2020 r. Nagroda im. Tomasza Józwiaka za najlepszy artykuł naukowy związany z problematyką Ochrony Środowiska Morza Bałtyckiego, opublikowany na łamach kwartalnika naukowego Oceanological and Hydrobiological Studies w roku 2019.



- 2018 r. Nagroda im. Tomasza Józwiaka za najlepszy artykuł naukowy związany z problematyką Ochrony Środowiska Morza Bałtyckiego, opublikowany na łamach kwartalnika naukowego Oceanological and Hydrobiological Studies w roku 2017.
- 2014 r. Nagroda im. Tomasza Józwiaka za najlepszy artykuł naukowy związany z problematyką Ochrony Środowiska Morza Bałtyckiego, opublikowany na łamach kwartalnika naukowego Oceanological and Hydrobiological Studies w roku 2013.