

dr hab. Piotr Profus, prof. PAN
Instytut Ochrony Przyrody PAN
Al. Adama Mickiewicza 33
31-120 Kraków

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Michała Szkudlarka pt.
„Zanieczyszczenia mikroplastikiem płazów (Amphibia) w Polsce Zachodniej”**

Przedłożona mi do oceny rozprawa doktorska mgr Michała Szkudlarka poświęcona jest zanieczyszczeniom mikroplastikiem płazów zasiedlających Polskę Zachodnią. Praca została wykonana w Szkole Doktorskiej Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Zielonogórskiego pod kierunkiem dr hab. Bartłomieja Najbara, profesora Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Przedstawiona do recenzji rozprawa obejmuje łącznie 106 stron maszynopisu, wliczając spis treści (bez numeracji stron), polskojęzyczne i angielskie streszczenia oraz zasadniczą część doktoratu (91 strony) i 15 stron bibliografii, liczącej łącznie 195 pozycji. Na końcu rozprawy (strony 107–122) zawarte są następujące załączniki: (1) Zezwolenie Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska na zbieranie, przetrzymywanie i posiadanie martwych okazów i żywych osobników płazów oraz ich transport w granicach województwa lubuskiego oraz (2) oświadczenia o udziale współautorstwa w dwóch publikacjach i (3) załączniki obejmujące spisy rycin i tabel.

Rozprawa składa się z 11 następujących rozdziałów: 1 – Streszczenie; 2 – Summary; 3 – Wykaz skrótów stosowanych w rozprawie; 4 – Wstęp; 5 – Cele; 6 – Materiały i metody; 7 – Wyniki; 8 – Dyskusja; 9 – Podsumowanie; 10 – Wnioski i 11 – Bibliografia. Niektóre z rozdziałów są krótkie, jednostronicowe, lecz na najważniejsze z nich składa się od kilku do kilkunastu podrozdziałów.

Celem pracy Doktoranta było zbadanie zanieczyszczenia mikroplastikiem larw płazów, wód które one zasiedlają oraz osadów dennych na stanowiskach w zachodniej Polsce.

Autor podjął się przetestowania siedmiu następujących hipotez badawczych:

1 – czy istnieją międzygatunkowe różnice w stopniu zanieczyszczenia mikroplastikiem larw płazów?

2 – czy drapieżne larwy są w mniejszym stopniu zanieczyszczone mikroplastikiem niż larwy taksonów wszystkożernych?

3 – czy istnieje korelacja między wielkością larwy a stopniem jej zanieczyszczenia mikroplastikiem i długością drobin tych zanieczyszczeń z niej wyekstrahowanych?

4 – czy istnieje dodatnia korelacja między udziałem powierzchni zurbanizowanej w obrębie bufora stanowiska poboru próby a ilością drobin mikroplastiku i zróżnicowania ich kształtów w larwach płazów?

5 – czy istnieje ujemna korelacja między udziałem powierzchni rolnych w buforze stanowiska poboru próby a stopniem obciążenia mikroplastikiem larw płazów?

6 – czy istnieją podobieństwa między larwami a wodą oraz między wodą a osadem pod względem kolorów, kształtów i składu chemicznego drobin mikroplastiku wyizolowanych z tych matryc pobranych na tym samym stanowisku?

7 – czy drobiny mikroplastiku wyizolowane z larw płazów są w większym stopniu podobne pod względem ich kształtu, koloru oraz składu chemicznego do tych wyekstrahowanych z wody niż do tych pochodzących z osadów dennych na tym samym stanowisku?

Mgr Michał Szkudlarek jest współautorem (i pierwszym autorem) dwóch publikacji o mikroplastikach wykrytych w larwach płazów bezogonowych i ogonowych, lecz nie zostały one dołączone do rozprawy i tym samym nie podlegają ocenie. Jednakże niektóre wyniki z obu tych prac znalazły się w ocenianej rozprawie. Dotyczy to podrozdziałów: 7.1. (*Pomiary stadiów larwalnych płazów*), 7.2. (*Obciążenie mikroplastikiem larw płazów*) oraz 7.3 (*Typy morfologiczne mikroplastików w larwach płazów*), które zostały opublikowane w artykule: Szkudlarek M., Najbar B., Jankowiak Ł. 2023. *Microplastic pollution in larvae of toads, frogs and newts in anthropopressure gradient. Ecological Indicators*, 155: 110971 [IF = 7.69; punktów MNiSW – 200; 70% wkładu własnego].

Z kolei w podrozdziałach 7.8. *Charakterystyka mikroplastiku wyekstrahowanego z wód i osadów dennych* oraz 7.9. *Podobieństwo w profilach zanieczyszczenia mikroplastikiem larw płazów, wód i osadów dennych* zaprezentowano wyniki, które ukazały się w publikacji Szkudlarek M., Najbar B., Jankowiak Ł. 2024. *Similarity of Microplastic Characteristics between Amphibian Larvae and Their Aquatic Environment. Animals*, 14: 717. [IF = 2.7; punktów MNiSW – 100; 70% wkładu własnego].

Obie zacytowane prace nie zostały dołączone do dysertacji, jednakże większość zawartych w nich rezultatów Doktorant szczegółowo przedstawił w rozdziale *Wyniki*. I tak w podrozdziale 7.1. zestawione zostały pomiary stadiów larwalnych płazów wykazując, że największe i najbardziej masywne były kijanki żab z kompleksu żab zielonych (*Pelophylax esculentus* complex), a najmniejsze i najlżejsze okazały się kijanki ropuchy zielonej (*Bufo viridis*). Udział mikroplastiku wykrytego u larw płazów wyniósł 73%, co świadczy o powszechności zanieczyszczenia. Liczba mikroplastików wyekstrahowanych z larw płazów wahała się od 0 do 22 i była najwyższa u ropuchy szarej (*Bufo bufo*). Zidentyfikowano pozytywną korelację między obciążeniem mikroplastikiem a wyższym stopniem urbanizacji. Kijanki ropuch wykazywały najwyższy (średnio 3,5 mikroplastiku/osobnika), a larwy traszek najniższy (średnio 0,9 mikroplastiku/osobnika) poziom zanieczyszczenia mikroplastikiem. Poziom pośredni (średnio 1,5 mikroplastiku/osobnika) stwierdzono dla kijanek żab (Podrozdział 7.2). Wśród drobin mikroplastiku wyekstrahowanych z larw płazów najczęściej stwierdzanym typem morfologicznym było włókno 57,2%, a najrzadziej odnotowanym – granulka (2,6%). Najniższy odsetek osobników zanieczyszczonych mikroplastikiem stwierdzono dla traszki górskiej (*Ichthyosaura alpestris*) – 42%, a najwyższy dla ropuchy szarej – 88%. Na każdym z 23 stanowisk badawczych przynajmniej część larw płazów była zanieczyszczona mikroplastikiem. Powszechność tego zjawiska była jednak różna i wahała się od 30 do 100% na poszczególnych stanowiskach. Do odzwierciedlenia zróżnicowania kształtów mikroplastików wyizolowanych z poszczególnych osobników posłużono się wskaźnikiem Levina. Zaobserwowano pozytywną korelację między udziałem powierzchni zurbanizowanej wokół miejsca poboru próby a wartością tego wskaźnika. Stwierdzono również, iż przy bardziej nasilonej antropopresji zróżnicowanie kształtów mikroplastików jest większe (Podrozdział 7.3). Długość mikroplastików wyizolowanych z larw płazów wahała się od 12 do 5700 mikrometrów. Średnio, mikroplastiki mające formę włókien były najdłuższe (840 mikrometrów), a płatki i granulki były około 8-krotnie krótsze. Statystycznie istotne okazały się interakcje pomiędzy kształtem mikroplastiku i rozmiarem larwy oraz pomiędzy kształtem mikroplastiku i udziałem powierzchni zurbanizowanej w buforze.

Według przedstawionego przez Doktoranta modelu rozmiar larw płazów ma statystycznie istotny, dodatni wpływ na długość zjadanych mikroplastików w formie granulek i płatków. Zależności takiej nie odnotowano dla drobin o kształcie włókien i fragmentów. Druga statystycznie istotna interakcja wskazuje na to, że większa antropopresja zmniejsza długość mikroplastików mających postać płatków i granulek.

Długość granulek i płatków oraz wielkość powierzchni mikroplastików zależy także od wielkości larwy płaza i od poziomu antropopresji (Podrozdziały 7.4 i 7.5). Wśród mikroplastików wyizolowanych z larw płazów odnotowano 15 kategorii kolorów. Kolor niebieski, reprezentujący 54,3% wszystkich kolorów, był najczęściej stwierdzanym kolorem wśród mikroplastików wyekstrahowanych z larw płazów. Najrzadsze z kolei były mikroplastiki koloru żółtego i biało-kremowego – odpowiednio 0,5% i 0,2%. Wykazano, iż wpływ przynależności gatunkowej płaza na rozkład kolorów mikroplastików z niego wyekstrahowanych był nieistotny statystycznie.

Zastosowanie spektroskopii ATR-FTIR pozwoliło na zidentyfikowanie 17 różnych syntetycznych polimerów tworzących drobiny mikroplastiku. Spośród polimerów syntetycznych w przeanalizowanych próbkach najczęściej wykrywany był polietylen (33%), polipropylen (24%) oraz poli(etylen-propylen-dien) (22%). Oprócz tego w próbkach wykryto także sześć innych substancji: głównie materiał roślinny i celulozę, a w mniejszych ilościach wełnę, chitynę futro i len (Podrozdziały 7.6. i 7.7). Analiza spektroskopowa przeprowadzona wobec drobin mikroplastiku wyizolowanych z wód i osadów dennych wykazała 12 różnych syntetycznych polimerów. Wśród drobin mikroplastiku wyekstrahowanych z wód najczęściej identyfikowany był polipropylen (ok. 34%), natomiast dla tych wyizolowanych z osadów najczęściej stwierdzanym rodzajem polimeru był poli(etylen-propylen) (ok. 27%). Oba te rodzaje polimerów wykryto też w larwach płazów: polipropylen stanowił u nich 24% detekcji, natomiast poli(etylen-propylen) zidentyfikowano zaledwie kilka razy (Podrozdział 7.8.).

Spory szacunek należy się Autorowi za zastosowanie i wszechstronne operowanie metodami statystycznymi.

Bibliografia liczy 15 stron i zawiera spis 195 prac. W tej liczbie jest aż 129 prac (66,6%), które zostały opublikowane w latach 2020–2024, co wskazuje, że podjęty przez Doktoranta temat badań dotyczy bardzo aktualnego i ważkiego tematu roztrząsanego aktualnie przez naukowców na całym świecie. Kolejnych 45 cytowanych prac (23,1%) zostało opublikowanych w latach 2010–2019, a 9 kolejnych publikacji powstało w latach 2000–2009. Jedynie 11 cytowanych prac zostało wydanych w XX wieku.

Zadaniem recenzenta jest wskazanie zarówno mocnych, jak i niejasnych lub słabszych stron rozprawy doktorskiej. Tych słabszych stron w dysertacji nie znalazłem, lecz mam kilka uwag. Przy opisie gatunków ujętych w badaniach warto zmienić niektóre cytacje, np. przy kumaku nizinnym (*Bombina bombina*) powinni być cytowani Szymura i Pabijan, którzy opracowywali ten gatunek do „Atlasu płazów i gadów Polski – status, rozmieszczenie, ochrona” (Głowaciński i Sura (red.)). Przy opisie żab z kompleksu żab zielonych (*Pelophylax esculentus* complex) powinien być zacytowany Rybacki (2018), a przy opisie żaby trawnej (*Rana temporaria*) – Głowaciński (2018). Wydaje mi się również, że kilkakrotnie używane zwroty: „żarłoczne” lub „bardzo żarłoczne” użyte w odniesieniu do larw płazów (str. 34, 36 i 37), są przesadzone. Przecież larwy (szczególnie kijanki żab) nie potrafią skosztować więcej na raz, niż im się zmieści w przełyku i żołądku.

Wnioski końcowe

Uważam, że rozprawa doktorska mgr Michała Szkudlarka jest bardzo wartościowym i w dużej mierze pilotażowym opracowaniem naukowym, dotyczącym ważkiego zagadnienia naukowego, jakim jest poznanie kompleksowego wpływu zanieczyszczenia mikroplastikami ekosystemów słodkowodnych, tak istotnych dla wielu, często rzadkich i chronionych gatunków zwierząt.

Doktorant zaplanował badania z dużym rozmachem i w pełni zrealizował cele szczegółowe rozprawy. Zasadnicze rozdziały rozprawy zostały ułożone w sposób logicznie prezentujący podjęte problemy badawcze, a zebrane materiały opracowane w sposób bardzo wnikliwy. Wysłane wnioski mają oparcie w zebranych materiałach, a uzyskane wyniki w istotnym stopniu pogłębiają naszą wiedzę o mikroplastikach i ich wpływie na larwy krajowych płazów. Uzyskane wyniki są wiarygodne, przeanalizowane za pomocą odpowiednich (często wyrafinowanych) metod statystycznych oraz, co ważne, w krytyczny sposób przedyskutowane. Praca ta przyczyni się do wypełnienia istotnej luki w wiedzy m.in. na temat obyczajów pokarmowych larw płazów.

W podsumowaniu mogę stwierdzić, że treść rozprawy jest zgodna z tytułem. Ja, niżej podpisany stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr Michała Szkudlarka spełnia wymogi przewidziane w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 z późn. zm.) i wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Nauk Biologicznych Uniwersytetu Zielonogórskiego o dopuszczenie mgr Michała Szkudlarka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto, ze względu na ponadprzeciętną jakość naukową recenzowanej przeze mnie rozprawy doktorskiej zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Nauk Biologicznych Uniwersytetu Zielonogórskiego z prośbą o wyróżnienie jej stosowną nagrodą.



dr hab. Piotr Profus, prof. PAN