

Prof. dr hab. inż. Tomasz Heese  
Laboratorium Gospodarki Wodnej  
Politechniki Koszalińskiej

Koszalin, 30.01.2026r.

Recenzja pracy doktorskiej pt.:

**„Strukturalna i funkcjonalna różnorodność zespołów bentosowych na sztucznym podłożu i sąsiadującym z nim dnie naturalnym w Zatoce Gdańskiej” autorstwa pana mgr Radosława Brzany**

Podstawą opracowania recenzji jest pismo pani prof. dr hab. Magdaleny Bełdowskiej przewodniczącej Rady Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Gdańskiego z dnia 14 października 2025 roku o powołaniu mnie na recenzenta pracy doktorskiej pana mgr Radosława Brzany.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska pt.: „Strukturalna i funkcjonalna różnorodność zespołów bentosowych na sztucznym podłożu i sąsiadujących z nim dnie naturalnym w Zatoce Gdańskiej” została przygotowana w Pracowni Bioróżnorodności i Funkcjonowania Bentosu Katedry Ekologii Morza Wydziału Oceanografii i Geografii. Opracowana recenzja uwzględnia obowiązujące obecnie przepisy zgodne z Prawem o Szkolnictwie Wyższym i Nauce.

W środowisku mórz i oceanów od brzegu po największe głębiny pozostawiamy ślady naszej cywilizacji od prostych konstrukcji zatopionych łodzi i statków, głównie wykonanych z drewna, stali i betonu, po stawiane nowoczesne konstrukcje od fundamentów turbin po wielokilometrowe przeprawy mostowe pomiędzy lądami. Te nasze ślady katastrof lub inwestycji szybko zostają zaadaptowane przez organizmy denne tworzące rodzaj sztucznej rafy. Przy okazji pozwolę sobie zacytować bardzo trafną uwagę Autora rozprawy dotyczące modyfikacji jakie wprowadzają takie konstrukcje w środowisko morskie. Jest to fragment tekstu z rozdziału „General introduction” ze str. 10, ... „Ponadto struktury stworzone przez człowieka wykazują unikalne cechy, których nie posiadają naturalne twarde podłoża (Coolen i in., 2018). Najważniejsze jest to, że mogą one rozciągać się przez całą kolumnę wody, zapewniając połączenie między strefą powierzchniową a dnem morskim (Lindeboom i in., 2011)” ...

Znaczenie prowadzonych badań nad tempem zasiedlania i składem jakościowym makrozoobentosu z tych powodów ma szczególną wartość. Dla większości specjalistów zajmujących się kolonizacją i sukcesją takich konstrukcji w wodzie morskiej, ale i również słodkowodnej, poruszane zagadnienie w publikacjach mogą wydawać się jako kolejne inwentaryzacje. Tyma razem jest inaczej. Autor podjął się wyjątkowego trudu, by sprawdzić wpływ tych konstrukcji na najbliższe otoczenie, czy modyfikacja na dnie ma wpływ na organizmy z najbliższego sąsiedztwa zależnie od rodzaju podłoża od piaszczystego po kamieniste. Tu pytanie, czy konstrukcja sztuczna powstała w całej kolumnie wody od dna do powierzchni, zapewniając w strefie prześwietlonej siedlisko dla fitobentosu, nie modyfikuje siedlisk poniżej? Dodatkowo znaczenie tych badań ma charakter bardzo praktyczny. Na Bałtyku, do roku 2050 ma powstać około 6000 nowych turbin wiatrowych. Specyfika montażu i fundamentowania będzie modyfikować dno, gdyż niekiedy dochodzi do usuwania fragmentów twardego podłoża z uwagi na bezpieczeństwo fundamentu przyszłej wieży turbiny wiatrowej.

Autor słusznie wskazuje na potrzebę takich badań dla Bałtyku z uwagi na jego specyfikę. Liczne badania dotyczące podobnej tematyki z Morza Północnego nie da się przenieść na warunki Bałtyku. Biotop w południowo-wschodniej części Morza Bałtyckiego odznacza się niskim bogactwem gatunkowym i różnorodnością tworząc zoocenozy organizmów oportunistycznych z wysokim potencjałem adaptacyjnym.

Postawiono w pracy doktorskiej jasny cel. Zaplanowano kompleksowe badania, opisane w trzech publikacjach, o wpływie antropogenicznych struktur posadowionych w morzu na zespoły makrozoobentosu. Wartością szczególną tej pracy jest wykorzystanie powierzchni badawczych na konstrukcjach powstałych w wodach Zatoki Gdańskiej ponad 70 lat temu przed rozpoczęciem badań.

Oceniana rozprawa doktorska pana mgr Radosława Brzany jest zbiorem trzech publikacji opatrzonej obszernym wprowadzeniem gdzie opisano hipotezy badawcze, zastosowaną metodykę wraz z dyskusją wyników, zakończone podsumowaniem. Dołączone publikacje są ze sobą ściśle powiązane głównie terenem i celem badań. Stanowiska badawcze podlegały długoterminowym obserwacjom i co ważne pobory prób wykonane osobiście przez Autora. To jest szczególnie wartościowe i wymagało bardzo dużego wysiłku organizacyjnego. Przedłożony do oceny zbiór publikacji został wydanych w prestiżowych czasopiśmie obejmujących swym zakresem tematyczny zagadnienia ekologii mórz i stref przybrzeżnych w tym środowisk o charakterze estuarium.

Autor w pracy doktorskiej postawił trzy hipotezy badawcze. Pierwsza skupiała się na sprawdzeniu czy budowla morska może stanowić substytut naturalnego podłoża kamienistego. Jednocześnie sprawdzano czy takie sztuczne siedlisko dla zespołów bentosowych zapewnia podobne warunki dla wzrostu i bioróżnorodności jak naturalne. Założeniem do sformułowania tej hipotezy

było przekonanie, że specyficzne słonawe środowisko Bałtyku odznaczające się stosunkowo niską bioróżnorodnością, może być takimi sztucznymi strukturami wzbogacone. Planując stosowną metodykę badawczą chciano sprawdzić czy struktura sztuczna stanowi substytut naturalnego podłoża skalnego i wspiera biocenozy bentosowe pod względem ich składu taksonomicznego, liczebności, biomasy, a także różnorodności strukturalnej i funkcjonalnej.

Druga hipoteza dotyczyła wpływu sztucznych konstrukcji na wspieranie sukcesu osiedleńczego gatunków obcych. Często w literaturze, o czym pisze Autor, takie sztuczne konstrukcje wspierają osiedlanie się gatunków obcych. Dla Morza Bałtyckiego jest to szczególnie ważny problem. Tu podobnie, poprzez zaplanowaną bardzo precyzyjną metodykę, do czego jeszcze wrócę, sprawdzono czy sztuczne podłoża bardziej sprzyjają osiedlaniu się gatunkom obcym niż naturalne podłoża kamieniste. Zaplanowano udowodnić, że sztuczne podłoża są bardziej atrakcyjne dla gatunków obcych niż naturalne.

Kolejna hipoteza, wydaje się najtrudniejsza do udowodnienia, dotyczy oceny wpływu sztucznej struktury i rozwijającej się na niej społeczności bentosowej na organizmy makrozoobentosu zasiedlające dno miękkie wokół danej konstrukcji. Założono pozytywny lub negatywny wpływ. Podstawowym badany parametrem środowiskowym było stężenie rozpuszczonego tlenu przy konstrukcji w odległości 1 m i dalej na stanowiskach oddalonych 7 i 50 m. Przy okazji pytanie, czy potrzebny był taki interwał w automatycznym pomiarze co 1 godzinę. Czy to za długi, czy za krótki czas, pozyskiwania danych z automatycznych stacji, a może zbiór danych był tak znaczący, że utrudniał analizę?

Sprawdzenie trzeciej hipotezy wynikała z prawidłowej przesłanki, gdyż Morze Bałtyckie jest już silnie dotknięte hipoksją i anoksją. Obecnie stawiane wierze do turbin wiatrowych znajdując się na głębokości do 40 metrów i więcej. Badania zaprezentowane w 3 publikacjach prowadzono dla konstrukcji posadowionych na głębokości od 4 do 8 metrów. Więc problem nadal pozostaje do dalszych badań, do czego należy doktoranta zachęcić. Tym bardziej, że już liczne wierze z projektu Baltica 2 na fundamentach w formie monopali stoją od kilku miesięcy. Sukcesja i zasiedlanie nowych „terenów” zapewne już trwa.

Warsztat pracy i osiągnięte rezultaty oceniam bardzo wysoko. Samo zebranie stosownych prób wymagało od Autora wiele godzin spędzonych pod wodą nawet w takich miesiącach jak kwiecień czy listopad. Sadząc po zaprezentowanych zdjęciach próby pod wodą były zbierane przez więcej osób, przynajmniej jeśli chodzi o asekurację. Co prawda w podziękowaniach

(Acknowledgements) przy publikacjach jedynie w pracy nr 2 pojawiły się sugestie co do wsparcia przy pracach pod wodą.

Stanowiska badawcze zostały zdeterminowane przez istniejące konstrukcje mające już swoją historię posadowienia od ponad 70 lat. Czy brano pod uwagę zmienność w biologicznej produkcji w bliskim otoczeniu konstrukcji wynikające z różnic w zasilaniu w zasoby pokarmowe dla zoobentosu. Na przykład na Klifie Orłowskim, co prawda w strefie przybrzeżnej, w odległości 10 m od brzegu i na głębokości 1 m, zmiana w biomasy makrozoobentosu była znacząca na odcinku około 2 km (Miernik i in., 2021\*).

Metodyka badawcza nie budzi zastrzeżeń. Zadbano o powtarzalność i precyzyjną lokalizację stanowisk na dnie piaszczystym. Zbiory próbek przeprowadzono w odległości 1, 7 i 50 metrów od konstrukcji w kierunku południowo-wschodnim. Odległość i kierunek zostały zmierzone pod wodą przez nurków za pomocą oznakowanej liny i kompasu nurkowego. Czy odległość od konstrukcji zostały wybrane losowo czy wynikały z doświadczeń i wcześniejszych obserwacji. No i uwaga co do opisu sprzętu do pobierania próbek. Może to jest czepianie się, ale czy zmodyfikowanym czerpaczem Kautsky'ego pobierają inni badacze „*biofouling communities*”. Może warto by było o zaletach tej modyfikacji napisać i podać rysunek z cytowanej pracy Andrulewicz i in., z 2004.

Metody statystyczne zostały wykorzystane prawidłowo, choć w części opisowej podano wszystkie metody zastosowane w prezentowanych publikacjach. Niektóre z metod były dedykowane tylko jednej pracy, np. „Biological Traits Analysis (BTA)” czy „Functional diversity expressed (RAO)” zastosowano w pozycji nr 1. Przy okazji proszę, już na obronie doktoratu, o omówienie analizy BTA jako przydatnej do oceny potencjału sztucznych podłoży w ochronie morza (np. konstrukcjach sztucznych raf). W publikacji nr 1 wskazano, że w naturalnych układach twardego dna spotykamy organizmy o dłuższych cyklach życiowych (str. 4 publikacji nr 1).

Dobór publikacji przedstawiony jako praca doktorska okazał się bardzo trafny. Badania wykonano na niezwykle bogatym materiale i w długiej perspektywie czasowej. Wykorzystano struktury do badań już istniejące co dodatkowo podnosi wartość tych prac. Wiedza powstała w wyniku prowadzonych analiz ma bardzo ważne znaczenie praktyczne, pozwalająca na prognozowanie wpływu najbliższych inwestycji budowy morskich farm wiatrowych (MFV), na ekosystem Morza Bałtyckiego.

---

\* Miernik N., Czenczek Z., Gintowt, 2021. Różnorodność gatunkowa makrozoobentosu w strefie przybrzeżnej Klifu Orłowskiego. W: Środowisko przyrodnicze jako obszar badań. Vol III., Red. A. Młynarski, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 37-46

Z uwag merytorycznych to najważniejsze dotyczą krytycznego spojrzenia na wyniki otrzymane z dna miękkiego oddalonego od konstrukcji. Bez uwzględnienia lokalnej specyfiki transportu zawiesin i innych substancji pokarmowych dla filtrującego zoobentosu. Oczywiście nie da się wszystkich czynników uchwycić, np. presji drapieżnictwa. Można jedynie spekulować, że na konstrukcjach sztucznych jest presja większa, a może wręcz przeciwnie obecność obcego (materiału) podłoża jej nie sprzyja. Pewna podpowiedzią jest fakt stwierdzenia, że na podłożu naturalnym obserwowano organizmy o dłuższym cyklu życiowym.

Przy okazji obrony proszę o wyjaśnienie w jakim stopniu orientacja podłoża wpływa na zagęszczenie i bioróżnorodność gdyż ...„próbki pobierano tylko z powierzchni pionowych”...(str. 17, wiersz 5 od góry maszynopisu). Badania podobne są prowadzone dla przemysłowych hodowli ostryg czy modelowania tempa obrotu na sztucznych podłożach. No i może bardziej dyskusyjna sprawa tj. jaki jest Pański stosunek do pąkli (*Amphibalanus improvisus*) jako gatunku obcego i przy okazji kto odpowiada za tekst w Wikipedii gdzie pąkla ma nazwę polską (krajową) „pąkla niespodziewana”. Wyszło dziwnie poprzez „bezduszne” tłumaczenie nazwy łacińskiej. Pąkla jest notowana w Morzu Bałtyckim już od ponad 180 lat, więc dlaczego „niespodziewana”.

Z innych uwag to jest mniej uważnie przygotowana redakcja części opisowej doktoratu. Zauważono brak cytować literatury ze spisu i odwrotnie lub drobne błędy literowe. Poniżej kilka przykładów:

- Tagliapietra & Sigovini, 2010 - w spisie literatury jest „Sigovin”,
- Boudreau, 1994 – brak w spisie literatury,
- Krone et al., 2017 - w spisie literatury jest rok wydania 2016,
- Schwartzbach et al., 2020 – brak w spisie literatury,
- Leppakoski et al., 2009 – w spisie literatury jest rok wydania 2008 i prawidłowo nazwisko pierwszego autora ma pisownię „Leppäkoski” podobna uwaga do pozycji z 2002 roku,
- Andersson and Ohman, 2010 – brak w spisie literatury,
- Ruiz et al., 2009 - brak w spisie literatury
- Scaps, 2002 - brak w spisie literatury
- Malham et al., 2012 - brak w spisie literatury

Prawdopodobnie jest to efekt końcowej redakcji tekstu i jego skracanie bez dokładnej rewizji spisu literatury.

Podsumowując należy stwierdzić, że wnioski końcowe z trzech przedłożonych publikacji wyjaśniają wiele zjawisk towarzyszącym osiedlaniu

się organizmów makrozoobentosu na sztucznych konstrukcjach. Bezpośrednie porównanie w pełni rozwiniętych biocenoz bentosowych na naturalnych i sztucznych podłożach na tej samej głębokości nie potwierdziło, że sztuczne twarde podłoże jest bardziej korzystnym siedliskiem dla organizmów obcych niż naturalne twarde podłoże. Trzeba jednak pamiętać, że badania były prowadzone na układach ekologicznych tworzonych przez ponad 70 lat. Można zatem oczekiwać, że układy zaczynają się zbliżać do naturalnych. Inaczej może przebiegać sukcesja na nowym podłożu antropogenicznych. Oczywiście co często jest podkreślane, że sztuczny substrat rozciąga się zwykle przez całą kolumnę wody od dna do powierzchni. Tutaj fitobentos może modyfikować siedlisko. Bardzo trafna uwaga zachęcająca do dalszych badań dotyczy stwierdzenia, że budowa sztucznych konstrukcji w środowisku zdominowanym przez miękkie osady może ułatwiać dalsze rozprzestrzenianie się niektórych gatunków obcych (niekoniecznie mających cechy gatunku inwazyjnego).

Dyskusja prowadzona w 3 dołączonych publikacjach jest bardzo dobra i wnikliwa. Tu przy okazji prośba do Doktoranta by na publicznej obronie, w trakcie dyskusji odpowiedział, do jakiego stopnia zaburzenie ekologiczne w postaci sztucznych konstrukcji posadowionych na dnie morza doprowadzą do perturbacji w zgrupowaniu makrozoobentosu i czy jest ona finalnie groźna czy może neutralna. Wzrost biomasy daje pewien potencjał jako pokarm dla ryb i ptaków. Sama konstrukcja, przynajmniej do badanych głębokości sprzyja biomase organizmów dna miękkiego w pobliżu fundamentu. Ostatecznie niewielkie spadki zawartości tlenu powodowane wysokim metabolizmem zwiększonej biomasy makrozoobentosu nie wydaje się by oddziaływało negatywnie. Nieco inaczej może wyglądać reakcja biocenoz dna na głębokościach 40 m i więcej, gdzie są obecnie montowane wieże turbin wiatrowych. Ważne, że Autor wyraźnie przestrzega przed generalizowaniem oceny wpływu sztucznych konstrukcji morskich na zespoły makrobentosowe z obszarów takich jak Morze Północne czy inne akweny o pełnym oceanicznym zasoleniu. Tylko niektóre z tych spostrzeżeń można uniwersalnie zastosować do innych regionów. Morze Bałtyckie charakteryzuje się kilkoma ważnymi cechami co sprawia, że występuje to specyficzna makrofauna bentosowa i o zupełnie innej wrażliwości na zakłócenia.

**Wniosek końcowy:** w oparciu o szczegółową analizę pracy doktorskiej pana mgr Radosława Brzany stwierdzam, że oceniana praca odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim zgodnie z obowiązującymi obecnie przepisami (art.13 ust.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych

i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 2017 r. poz. 1789 ze zm.), w zw. z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 ze zm.). Wnioskuje do Rady Dyscypliny Nauk o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Gdańskiego o dopuszczenie pana mgr Radosława Brzany do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Koszalin, 30 styczeń 2026r.

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and appears to be the initials 'R. Brzany'.