

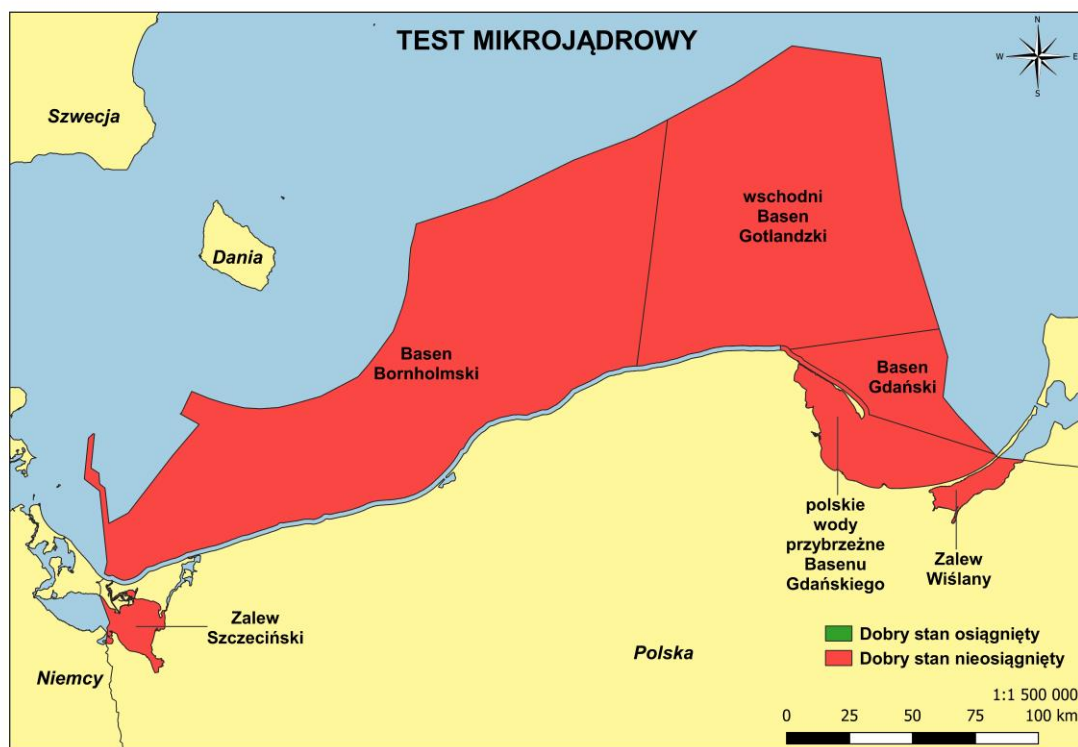
Test mikrojądrowy

Wskaźnik presji związanych z wprowadzeniem do środowiska substancji, odpadów i energii

Podsumowanie oceny

Wskaźnik 'Test mikrojądrowy' jest wykorzystywany w ocenie kryterium D8C2 RDSM – „Zdrowie gatunków i stan siedlisk (takie jak ich skład gatunkowy i względna liczebność w lokalizacjach długotrwanie zanieczyszczonych) nie zostały negatywnie dotknięte z powodu substancji zanieczyszczających, w tym poprzez skutki kumulacyjne i synergiczne”. Wskaźnik zdefiniowany jest liczbą aberracji (liczby mikrojąder) przypadających na 1000 erytrocytów krwi ryb. Ocena stanu w ramach tego wskaźnika obejmuje okres 2016-2021.

Wyniki badań krwi dwóch gatunków ryb: śledzia i okonia wykazały, że średnia liczba aberracji przypadająca na 1000 erytrocytów wyznaczona na podstawie wyników ze wszystkich lat badań we wszystkich obszarach przekracza wartość progową, co oznacza, że dobry stan środowiska nie został osiągnięty w Basenie Bornholmskim, wschodnim Basenie Gotlandzkim, Basenie Gdańskim, polskich wodach przybrzeżnych Basenu Gdańskiego, Zalewie Szczecińskim i Zalewie Wiślanym (Rysunek 1).



Rysunek 1. Ocena stanu środowiska obszarów morskich w zakresie wskaźnika 'Test mikrojądrowy' – kryterium D8C2

Opis wskaźnika

1. Charakterystyka wskaźnika

Wskaźnik 'Test mikrojądrowy' jest wskaźnikiem efektów oddziaływania substancji niebezpiecznych na organizmy morskie. Jest wskaźnikiem oceny stanu środowiska morskiego w ramach kryterium D8C2 i nie jest wykorzystywany w ramach holistycznej oceny środowiska Morza Bałtyckiego (HELCOM HOLAS 3) na poziomie regionalnym. Od 2014 roku prowadzone są regularne analizy metodą testu mikrojądrowego w ramach monitoringu w polskich obszarach morskich i w oparciu o wyniki dla lat 2016-2021 wskaźnik jest wykorzystany w ocenie stanu na poziomie krajowym.

Test mikrojądrowy jest to najczęściej stosowany test do oceny uszkodzeń cyto-genetycznych na poziomie komórkowym wywołanych oddziaływaniem substancji niebezpiecznych. Liczba mikrojąder powstałych z chromosomów lub ich fragmentów w wyniku opóźnienia podziału komórki jest miarą genotoksyczności określonych substancji obecnych w środowisku. Analiza z wykorzystaniem testu mikrojądrowego polega na zliczeniu nieprawidłowości występujących w obrębie komórek erytrocytów krwi ryb odławianych w różnych obszarach, a liczba zliczonych zmian przeliczona na 1000 erytrocytów jest parametrem stanowiącym miarę szkodliwości oddziaływania substancji niebezpiecznych na badany organizm. W celu uzyskania wiarygodnych wyników analizy prowadzone są w 10 próbkach pochodzących z jednej lokalizacji, a liczba przeanalizowanych erytrocytów pozostaje w granicach od 3000 do 5000 (HELCOM 2012).

2. Odniesienie do prawodawstwa, planów działań i celów

Badania efektów biologicznych w środowisku morskim powiązane są z wymaganiami prawodawstwa UE, w tym w tym ramowej dyrektywy ws. strategii morskiej (RDSM) (Dyrektywa 2008/56/WE). Odnoszą się również bezpośrednio do Bałtyckiego Planu Działania oraz Celów Zrównoważonego Rozwoju ONZ (Tabela 1).

Tabela 1. Odniesienia do prawodawstwa, planów działań i celów

Wymagania i rekomendacje legislacyjne	
Ramowa Dyrektywa ws. Strategii Morskiej (Dyrektywa 2008/56/WE, Dyrektywa 2017/845)	Cecha D8 - Stężenie substancji zanieczyszczających utrzymuje się na poziomie, który nie wywołuje skutków charakterystycznych dla zanieczyszczenia Kryterium D8C2 - Zdrowie gatunków i stan siedlisk (takie jak ich skład gatunkowy i względna liczebność w lokalizacjach długotrwale zanieczyszczonych) nie zostały negatywnie dotknięte z powodu substancji zanieczyszczających, w tym poprzez skutki kumulacyjne i synergiczne
Bałtycki Plan Działania (HELCOM BSAP)	Segment: Substancje niebezpieczne i cel dotyczący odpadów Cel: „Morze Bałtyckie wolne od substancji niebezpiecznych i odpadów” Cel ekologiczny: <ul style="list-style-type: none">„Życie morskie jest zdrowe”„Stężenia substancji niebezpiecznych są zbliżone do naturalnych”„Ryby i owoce morza są bezpieczne do spożycia” Cel zarządzania: <ul style="list-style-type: none">„Minimalizacja wprowadzania i wpływu substancji niebezpiecznych pochodzących z działalności człowieka”

Wymagania i rekomendacje legislacyjne	
	<p>Segment: Różnorodność biologiczna</p> <p>Cel: „Ekosystem Morza Bałtyckiego jest zdrowy i odporny”</p> <p>Cel ekologiczny:</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Zdolne do życia populacje wszystkich gatunków rodzimych” • „Naturalne rozmieszczenie, występowanie i jakość siedlisk i związanych z nimi zbiorowisk” • „Funkcjonalne, zdrowe i odporne sieci pokarmowe” <p>Cel zarządzania:</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Zmniejszenie presji człowieka, która prowadzi do zachwiania równowagi w łańcuchu pokarmowym, lub jej zapobieganie”
Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ	<p>Cele zrównoważonego Rozwoju ONZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 14 - Ochrona i zrównoważone wykorzystywanie oceanów, mórz i zasobów morskich na rzecz zrównoważonego rozwoju • 12 - Zapewnienie wzorców zrównoważonej konsumpcji i produkcji • 13 - Podjęcie pilnych działań w celu przeciwdziałania zmianom klimatycznym i ich skutkom

3. Powiązanie z presjami

Częstotliwość występowania efektów biologicznych w organizmach morskich jest powiązana z poziomem substancji niebezpiecznych w środowisku morskim związanych z presją wskazaną w załączniku III do RDSM (Dyrektywa 2017/845): Wprowadzanie innych substancji (np. substancji syntetycznych, substancji niesyntetycznych, radionuklidów) – źródła rozproszone, źródła punktowe, depozycja atmosferyczna, zdarzenia nagłe.

4. Powiązanie ze zmianą klimatu

Obserwowana zmiana klimatu może mieć wpływ na poziom substancji niebezpiecznych w środowisku w organizmach morskich i tym samym na intensywność występowania efektów ich szkodliwego oddziaływania. Z założenia wyższe stężenie w tkankach mogą wywoływać bardziej szkodliwe oddziaływanie. Dlatego też wszystkie parametry zmiany klimatu zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio wpływające na zwiększenie stężeń substancji niebezpiecznych w środowisku, wzrost tempa bioakumulacji i zmiany fizjologiczne, w tym metabolizm organizmów mogą mieć wpływ na częstości i intensywność występowania efektów biologicznych. Do parametrów bezpośrednich należą:

1. **Temperatura wody morskiej** – wzrost temperatury wody może wpływać na metabolizm organizmów morskich i zwiększać efektywność bioakumulacji substancji niebezpiecznych
2. **Wielkoskalowa cyrkulacja atmosferyczna** – może wpływać na transport zanieczyszczeń, a tym samym wpływać na ilość substancji niebezpiecznych wprowadzonych do wód Morza Bałtyckiego z depozycją atmosferyczną
3. **Opady atmosferyczne** - zmiany reżimu opadów atmosferycznych mogą wpływać na wielkość depozycji atmosferycznej substancji niebezpiecznych do Morza Bałtyckiego
4. **Odptyw rzeczny** – może być ważnym źródłem substancji niebezpiecznych transportowanych do Morza Bałtyckiego; dodatkowo zwiększenie dopływu w sytuacjach powodziowych zwiększa ładunek substancji niebezpiecznych wprowadzanych do wód morskich
5. **Chemia węglanowa** - zmiany pH środowiska wodnego mogą wpływać na przemiany, a tym samym na formy chemiczne substancji niebezpiecznych w środowisku morskim, mogą również

wpływać na metabolizm organizmów, a tym samym na efektywność bioakumulacji substancji niebezpiecznych

6. **Transport osadów** - ze względu na znaczne ilości substancji niebezpiecznych zdeponowanych w osadach dennych, dynamika wód przydennych i transport osadów mogą prowadzić do wtórnego uwalniania substancji

Do **pośrednich parametrów** zmiany klimatu wpływających na przemiany substancji niebezpiecznych w środowisku morskim należą zmiany poziomu tlenu. Prognozowane ocieplenie może zwiększyć ubytek tlenu w Morzu Bałtyckim, co może wpłynąć na procesy biogeochemiczne z udziałem substancji niebezpiecznych wpływając na ich formy i biodostępność.

Ocena stanu środowiska wód morskich

Ocena stanu środowiska morskiego w ramach kryterium D8C2 została przeprowadzona w oparciu o liczbę aberracji – mikrojąder przypadających na 1000 erytrocytów krwi ryb. Wyniki badań krwi dwóch gatunków ryb: śledzia i okonia wykazały, że we wszystkich latach badań i wszystkich obszarach liczba aberracji przypadająca na 1000 erytrocytów przekracza wartość progową, co oznacza, że dobry stan środowiska w polskich wodach przybrzeżnych Basenu Gdańskiego, Basenie Gdańskim, wschodnim Basenie Gotlandzkim, Basenie Bornholmskim, Zalewie Szczecińskim i Zalewie Wiślanym nie został osiągnięty (Tabela 2, Rysunek 1)

Wiarygodność w Basenie Gdańskim, wschodnim Basenie Gotlandzkim, Basenie Bornholmskim oraz w polskich wodach przybrzeżnych Basenu Gdańskiego uwzględniając 6-letni okres badań i wartość wskazaną na poziomie regionalnym na podstawie badań projektowych uznano za średnią. Wiarygodność oceny w Zalewie Szczecińskim i Zalewie Wiślanym obniżono do niskiej ze względu na krótszy okres badań – 4 lata (Tabela 2).

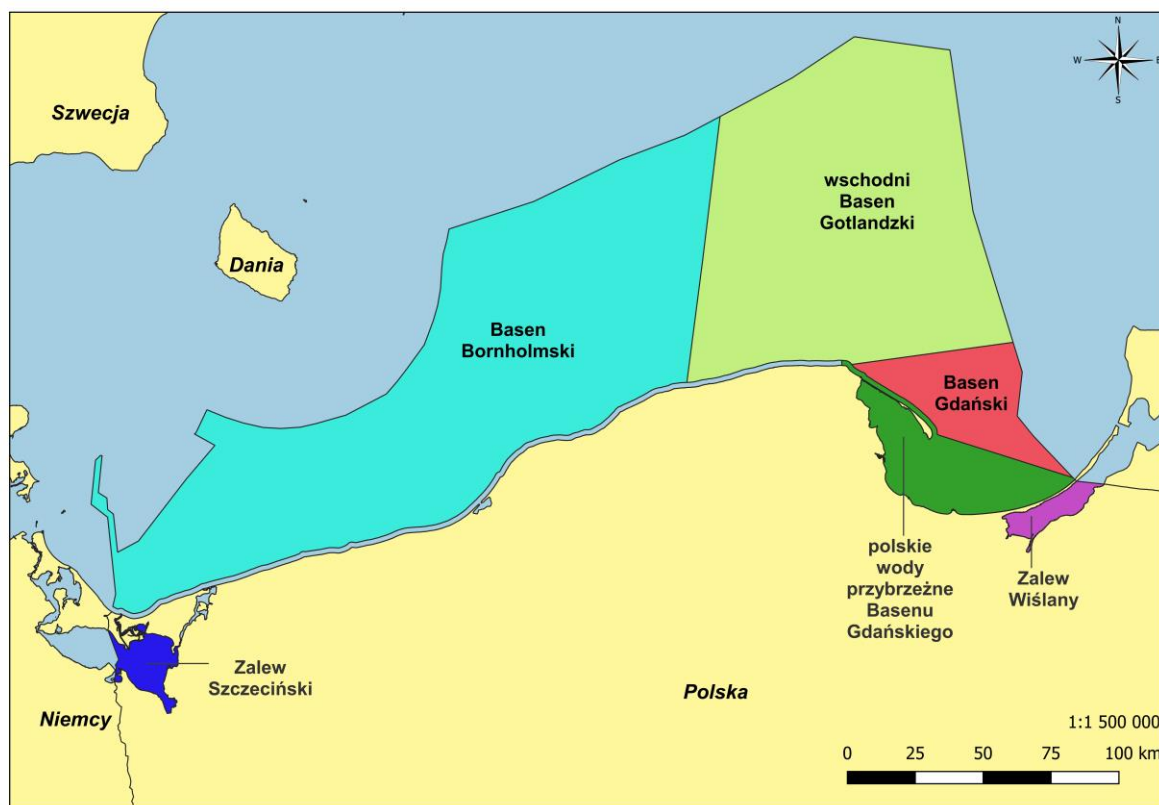
Tabela 2. Ocena wskaźnika 'Test mikrojądrowy' w ramach kryterium D8C2 (dobry stan osiągnięty – kolor zielony, dobry stan nieosiągnięty – kolor czerwony)

Obszar	Gatunek ryb	Liczba mikrojąder na 1000 erytrocytów							Wartość średnia 2016-2021	Wartość progowa	Stan akwenu 2016-2021	Wiarygodność oceny
		2016	2017	2018	2019	2020	2021					
polskie wody przybrzeżne Basenu Gdańskiego	śledź		1,33	0,56	0,74	0,63	0,63	0,78	0,39		średnia	
Basen Gdański	śledź	1,33	1,38	0,99		0,76	0,46	0,98			średnia	
wschodni Basen Gotlandzki	śledź	0,40	1,01	1,15	1,16	0,85	0,73	0,88			średnia	
Basen Bornholmski	śledź	0,62	1,20	0,86	0,87	0,86	0,79	0,87			średnia	
Zalew Szczeciński	okoń			1,69	0,66	1,03	1,26	1,16			niska	
Zalew Wiślany	okoń			1,40	0,56	1,12	1,65	1,18			niska	

Metodyka przeprowadzenia oceny

1. Obszary oceny

Ocena wskaźnika 'Test mikrojądrowy' w ramach kryterium D8C2 przeprowadzana jest w obszarach oceny z uwzględnieniem podziału na Basen Gdański, wschodni Basen Gotlandzki, Basen Bornholmski, polskie wody przybrzeżne Basenu Gdańskiego, Zalew Wiślany oraz Zalew Szczeciński (Rysunek 2), co odpowiada poziomowi L3 zgodnie ze Strategią Monitoringu i Oceny HELCOM (HELCOM 2013).



Rysunek 2. Obszary oceny wskaźnika 'Test mikrojądrowy' w ramach kryterium D8C2

2. Opis przeprowadzenia oceny

Analiza z wykorzystaniem testu mikrojądrowego polega na zliczeniu nieprawidłowości występujących w obrębie komórek erytrocytów krwi ryb odławianych w różnych obszarach, a liczba zliczonych zmian przeliczona na 1000 erytrocytów jest parametrem stanowiącym miarę szkodliwości oddziaływania substancji niebezpiecznych na badany organizm. W celu uzyskania wiarygodnych wyników analizy prowadzone są w 10 próbkach pochodzących z jednej lokalizacji, a liczba przeanalizowanych erytrocytów pozostaje w granicach od 3000 do 5000 zgodnie z zaleceniami (HELCOM 2012).

W celu przeprowadzenia oceny wykorzystuje się wartości średnie wyników uzyskanych w latach 2016-2021 w każdym obszarze oceny. Wykorzystanie wartości średnich z całego okresu badań ma na celu zwiększenie wiarygodności oceny opierającej się na ograniczonej liczbie danych. Dla każdego obszaru oceny: polskie wody przybrzeżne Basenu Gdańskiego, Basen Gdański, wschodni Basen Gotlandzki, Basen Bornholmski, wyliczone wartości średnie aberracji odniesiono do wartości progowej ustalonej dla gatunku śledzia (HELCOM 2012).

3. Wartości progowe

Wartości progowe ustalone zostały na poziomie UE, regionalnym i krajowym. Wartości progowe zostały przyjęte na podstawie obowiązujących aktów prawnych (Dyrektywa 2013/39/UE, wytycznych w zakresie EQS na poziomie UE, Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 wraz z rozporządzeniami zmieniającymi, część z nich wynika z ustaleń na poziomie regionalnym (HELCOM HOLAS 3) oraz w niektórych przypadkach przyjęto wartości ustalone na poziomie krajowym. Wartość progowa dla wskaźnika ‘Test mikrojądrowy’ zostały ustalone na poziomie regionalnym (Tabela 3)

Tabela 3. Wartość progowa dla wskaźnika ‘Test mikrojądrowy’

Wskaźnik	Kryterium	Matryca	Wartość progowa	Rodzaj wartości progowej/referencja	Uwagi
Test mikrojądrowy	D8C2	krew ryb	0,39 mikrojąder / 1000 erytrocytów	HELCOM (2012)	wartość przyjęta na poziomie krajowym

4. Metodyka określenia wiarygodności oceny

Wiarygodność oceny stanu środowiska w zakresie efektów oddziaływania substancji niebezpiecznych na organizmy morskie opierającej się na teście mikrojądrowym oceniana jest na podstawie liczby lat prowadzenia badań i źródle wartości progowej.

5. Źródła danych

Dane wykorzystane w ocenie wskaźnika ‘Test mikrojądrowy’ pochodzą z monitoringu realizowanego w obszarach morskich RDSM (Tabela 4).

Tabela 4. Źródła danych

RDSM	dane PMŚ, realizowanego zgodnie z wymaganiami RDSM w polskich obszarach morskich; raportowane do ICES i HELCOM, monitoring nadzorowany przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
------	--

Autorzy

Tamara Zalewska, Bartłomiej Wilman, Michał Iwaniak – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Literatura

Bałtycki Plan Działania (HELCOM BSAP) <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>

Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ <http://www.un.org.pl/>

DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2008/56/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. ustanawiająca ramy działań Wspólnoty w dziedzinie polityki środowiska morskiego (dyrektywa ramowa w sprawie strategii morskiej)

DYREKTYWA KOMISJI (UE) 2017/845 z dnia 17 maja 2017 r. zmieniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/56/WE w odniesieniu do przykładowych wykazów elementów branż pod uwagę przy opracowaniu strategii morskich

HELCOM, 2012. Development of a set of core indicators: Interim report of the HELCOM CORESET project. PART B: Descriptions of the indicators. Balt. Sea Environ. Proc. No. 129 B.

HELCOM, 2013. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/02/Monitoring-and-assessment-strategy.pdf>



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej