

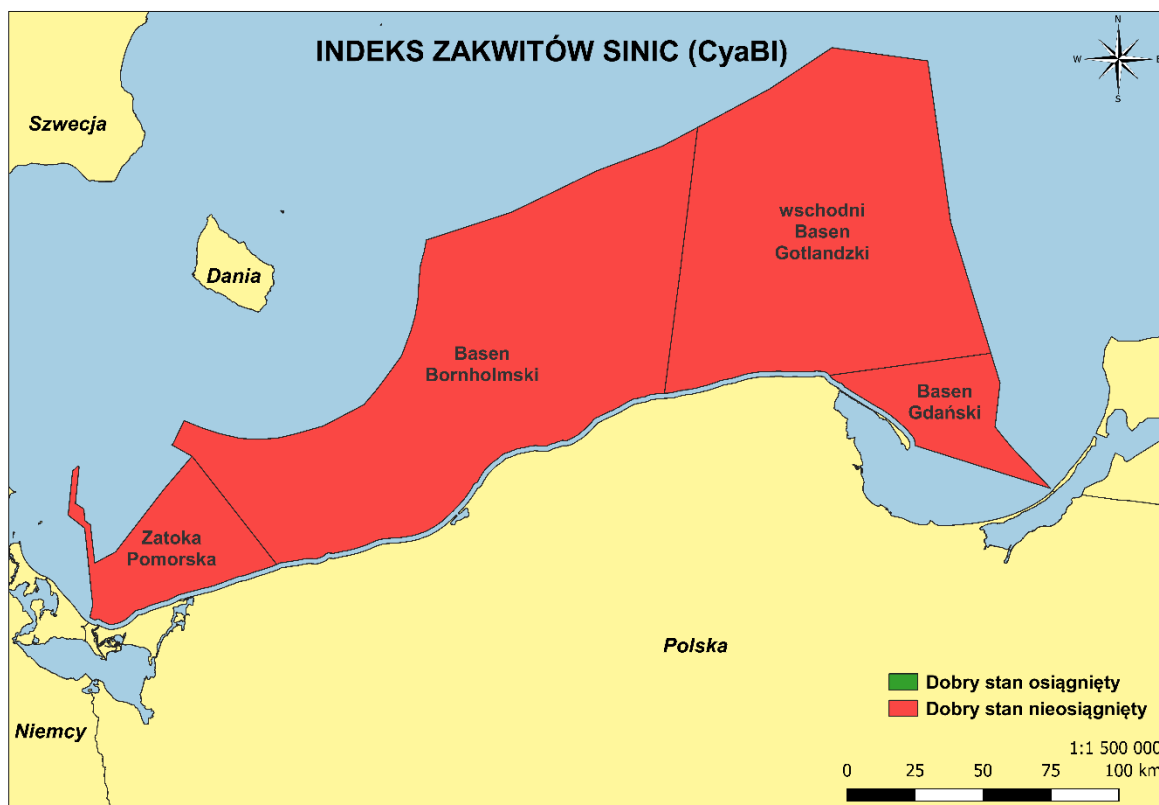
## Indeks zakwitów sinic (CyaBI)

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

### Podsumowanie oceny

‘Indeks zakwitów sinic (CyaBI)’ jest wskaźnikiem wstępnym HELCOM (tzn. wskaźnikiem wskazanym przez kraje Konwencji Helsińskiej, którego nie wszystkie aspekty zostały jeszcze dopracowane i który nie uzyskał jeszcze pełnej akceptacji przez państwa Konwencji) w zakresie eutrofizacji. Ocenia on powierzchniowe nagromadzenie sinic i ich biomasę w okresie letnim (czerwiec – sierpień). Stosowany jest do oceny w wodach otwartego morza.

Ocena stanu na podstawie wskaźnika CyaBI wykonana dla lat 2016-2021 została przeprowadzona dla 4 obszarów POM: Basenu Bornholmskiego, Zatoki Pomorskiej, Basenu Gdańskiego i wschodniego Basenu Gotlandzkiego. W żadnym z tych obszarów nie został osiągnięty stan dobry (Rysunek 1). Zgodnie z metodyką oceny wiarygodności, ogólna wiarygodność oceny dla wskaźnika CyaBI (uwzględniając wiarygodność czasową, przestrzenną i danych) wskazuje na status wysoki w Basenach: Bornholmskim i wschodnim Gotlandzkim, oraz średni w Basenie Gdańskim i Zatoce Pomorskiej.



Rysunek 1. Ocena stanu na podstawie wskaźnika ‘Indeks zakwitów sinic (CyaBI)’ w okresie 2016-2021 w obszarach oceny POM

## Opis wskaźnika

### 1. Charakterystyka wskaźnika

**Indeks zakwitów sinic (CyaBI)** jest wskaźnikiem wstępnym HELCOM oceniającym wzrost zakwitów sinic. Wskaźnik ten reaguje negatywnie na wzrost eutrofizacji, tj. jego niskie wartości wskazują na zwiększoną eutrofizację.

Wskaźnik składa się z dwóch parametrów:

- akumulacji powierzchniowej sinic „*Cyanobacterial surface accumulations*” (CSA), łączącej informacje o wielkości, intensywności i długości trwania szacowana na podstawie obserwacji teledetekcyjnych,
- informacji o biomasie sinic w słupie wody pochodzącej z obserwacji *in-situ*.

Oba parametry opisują różne istotne aspekty rozwoju zakwitów sinic: CSA opiera się na danych o wysokiej częstotliwości i optymalnie opisuje czasowo-przestrzenny zasięg oraz intensywności zakwitów powierzchniowych. Jednak na ten parametr, oprócz eutrofizacji, mają wpływ zmiany związane z klimatem, w tym warunki wiatrowe. Natomiast biomasa sinic uzupełnia dane CSA, dostarczając informacji o rzeczywistym zagęszczeniu sinic w słupie wody. Połączenie tych dwóch parametrów pozwala na większą wiarygodność oceny niż przy użyciu każdego z nich osobno. Wskaźnik ocenia wyrażający z dużą dokładnością zakres zakwitów, jest jednak wrażliwy na zmiany w rzeczywistej liczebności sinic, a co za tym idzie eutrofizację.

#### **Akumulacja powierzchniowa sinic (CSA)**

Dane dla tego parametru pochodziły głównie z codziennych analiz zdjęć satelitarnych w Fińskim Instytucie Środowiska (SYKE) (Kahru i Elmgren 2014). Poziom zakwitu jest szacowany na podstawie skorygowanych atmosferycznie obserwacji satelitarnych przy długości fali 560nm (światło zielone). Dane satelitarne charakteryzują się bardzo wysoką częstotliwością pomiaru, dzięki czemu w sposób optymalny można śledzić tworzenie się, przebieg i czas trwania zakwitów sinic w powierzchniowej warstwie morza. Niemniej parametr ten jest silnie uzależniony nie tylko od czynników eutrofizacyjnych, ale także od zmian związanych z klimatem, np. warunków wiatrowych. Metoda ta pozwala na uwzględnienie zarówno zakwitów powierzchniowych jak i podpowierzchniowych. Na podstawie tych obserwacji określany jest potencjał wystąpienia powierzchniowych akumulacji glonów: brak (0), potencjał (1), prawdopodobny (2) i ewidentny (3). Przestrzenna agregacja codziennych obserwacji Ziemi (EO) z jednostek oceny została przeprowadzona poprzez obliczenie wartości tzw. barometru glonów „*algae barometer*” (AB), która jest sumą ważoną odsetka pozytywnych obserwacji glonów w różnych klasach na ocenianym obszarze (Rapala i in. 2012):

$$AB = \frac{1}{n_{tot}} (n_{\#cl1} + n_{\#cl2} \times 2 + n_{\#cl3} \times 3)$$

Gdzie:

$n_{tot}$  – łączna liczba obserwacji;

$n_{\#cl1}$ ,  $n_{\#cl2}$ ,  $n_{\#cl3}$  – liczba obserwacji glonów w klasach 1-3;

AB – barometr glonów, przyjmuje wartości 0 do 3.

Sezonowa charakterystyka zakwitów została oszacowana za pomocą empirycznej funkcji rozkładu skumulowanego (ECDF) wyprowadzonej z sezonowych obserwacji dziennych wartości AB z każdego ocenianego obszaru, brakujące dni natomiast interpolowano w szeregach czasowych. ECDF pozwala na określenie skumulowanej proporcji sezonowych wartości AB. Charakterystykę zakwitu (tj. zmienne orientacyjne CSA) zdefiniowano dla każdej jednostki oceny w następujący sposób: (1) objętość

sezonowa, tj. pokrycie powierzchni powyżej funkcji ECDF, (2) długość okresu powierzchniowej akumulacji glonów, tj. część okresu obserwacji z wartościami AB powyżej granicy zakwitów (0,5) przez możliwie największą liczbę kolejnych dni oraz (3) intensywność zakwitów, tj. 90. percentyl obserwacji AB. Szeregi czasowe indeksu CSA uzyskano, biorąc średnią ze znormalizowanych szeregów czasowych zmiennych wskaźnikowych i grupując razem wszystkie trzy parametry oparte na EO.

### Biomasa sinic

Roczne wartości biomasy obliczono korzystając z metody opisanej przez Kownacką (Kownacka i in. 2022). Biomase cyjanobakterii oszacowano przy użyciu technik mikroskopowych z próbek zbieranych w ramach monitoringu przez wszystkie kraje bałtyckie, zgodnie z krajowymi programami monitoringowymi. Parametr uwzględnia biomase rodzajów *Nodularia*, *Aphanizomenon* i *Dolichospermum* (wcześniej *Anabaena*). Próbki zostały przeanalizowane przez ekspertów, zgodnie z wytycznymi HELCOM dotyczącymi monitorowania składu gatunkowego, liczebności i biomasy fitoplanktonu. Częstotliwość pobierania próbek była zmienna i zależała od krajowych programów monitoringowych. Średnie miesięczne zostały obliczone dla każdej jednostki oceny, a następnie obliczono średnie sezonowe jako średnie wartości miesięcznych (HELCOM 2023).

## 2. Odniesienie do prawodawstwa, planów działań i celów

Wskaźnik **Indeks zakwitów sinic (CyaBI)** spełnia kryterium podstawowe D5C3 w ramach cechy D5 – eutrofizacja, oraz kryterium D1C6 w ramach cechy D1 – różnorodność biologiczna zgodnie z wytycznymi Decyzji Komisji 2017/848 (Tabela 1).

Wskaźnik spełnia również założenia Bałtyckiego Planu Działania (BSAP) w zakresie segmentu eutrofizacji, którego jednym z celów jest „naturalny poziom zakwitów glonów”.

Tabela 1. Powiązania wskaźnika 'Indeks zakwitów sinic (CyaBI)' z prawodawstwem UE

Wymagania i rekomendacje legislacyjne	
<b>Ramowa Dyrektywa ws. Strategii Morskiej (RDSM)</b> (Dyrektywa 2008/56/WE, Dyrektywa 2017/845)	<b>Cecha D5</b> – Do minimum ogranicza się eutrofizację wywołaną przez działalność człowieka, a w szczególności jej niekorzystne skutki, takie jak utrata różnorodności biologicznej, degradacja ekosystemu, szkodliwe zakwity glonów oraz niedobór tlenu w dolnych partiach wód.  <b>Kryterium D5C3</b> – Liczba, zasięg przestrzenny i czas trwania szkodliwych zakwitów planktonu nie są na poziomach, które wskazują na negatywne skutki nadmiaru substancji biogennych.
	<b>Cecha D1</b> – grupy gatunków ptaków, ssaków, gadów, ryb i głowonogów.  <b>Kryterium D1C6</b> – Stan typu siedliska, w tym jego struktura biotyczna i abiotyczna oraz jej funkcje (np. typowy skład gatunkowy, względna liczebność, brak szczególnie wrażliwych gatunków lub gatunków spełniających kluczową funkcję, struktura wielkościowa gatunków), nie odniósł szkody z powodu oddziaływań antropogenicznych.
<b>Bałtycki Plan Działania (BSAP)</b>	<b>Segment: Eutrofizacja</b> Cel ekologiczny: <ul style="list-style-type: none"> <li>Naturalny poziom zakwitów glonów</li> </ul>

### 3. Powiązanie z presjami

Eutrofizacja jest związana z oddziaływaniem wielu czynników, ścieki oraz rolnictwo są powszechnie uważane za najbardziej istotne a ich wpływ jest najlepiej zbadany. Spośród wektorów wprowadzania do środowiska substancji biogenicznych do Morza Bałtyckiego źródła rozproszone mają największy udział w przypadku azotu ogólnego (prawie 50%) i fosforu ogólnego (około 56%) (HELCOM 2022). Jeśli chodzi o całkowity azot, depozycja atmosferyczna na morzu ma drugi najwyższy udział (24%), a następnie naturalne ładunki tła (20 %) i źródła punktowe (9 %). Naturalne ładunki tła mają także drugi najwyższy udział w całkowitym dopływie fosforu do Morza Bałtyckiego (20%), następnie źródła punktowe (17%) i depozycja atmosferyczna (7%). Źródła punktowe obejmują działania, takie jak komunalne oczyszczalnie ścieków, zakłady przemysłowe i zakłady akwakultury, natomiast źródła rozproszone obejmują źródła antropogeniczne, takie jak rolnictwo, leśnictwo, rozproszona zabudowa, wody burzowe itp.

Na przestrzeni lat w całym Morzu Bałtyckim udało się osiągnąć znaczną redukcję dopływu biogenów. Znormalizowany całkowity dopływ azotu został zmniejszony o 12%, a fosforu o 28% między okresem referencyjnym (1997-2003) a 2020 r. (HELCOM 2023a). Maksymalny dopuszczalny dopływ (MAI) azotu w tym okresie został osiągnięty w Zatoce Botnickiej, Morzu Botnickim, Cieśninach Duńskich i Kattegacie, a maksymalny dopuszczalny dopływ fosforu w Zatoce Botnickiej, Morzu Botnickim, Cieśninach Duńskich i Kattegacie.

W poniższej tabeli (Tabela 2) zestawiono listę presji wymienionych w tabeli 2 w Załączniku III do Dyrektywy Komisji 2017/845 wraz z przypisanym wpływem tychże presji na funkcjonowanie wskaźnika.

Tabela 2. Powiązania wskaźnika Indeks zakwitów sinic (CyaBI) z presjami z tabeli 2 z Załącznika III do Dyrektywy Komisji 2017/845 (HELCOM 2023)

<b>Działalność człowieka: RDSM Załącznik III, Tabela 2b</b>	<b>Presje antropogeniczne: RDSM Załącznik III, Tabela 2a</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Eksploatacja zasobów żywych;</li><li>- Transport;</li><li>- Użytkowanie miejskie i przemysłowe;</li><li>- Fizyczna zmiana struktur rzek, linii brzegowej i dna morskiego (gospodarka wodna)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Wprowadzanie substancji biogenicznych – źródła rozproszone, źródła punktowe, depozycja atmosferyczna;</li><li>- Wprowadzanie materii organicznej – źródła rozproszone i źródła punktowe</li></ul>

### 4. Powiązanie ze zmianą klimatu

Wpływ zmian klimatu na zakwity sinic przejawia się przede wszystkim wydłużeniem okresu występowania zakwitów, które w Bałtyku jest już obserwowane (HELCOM and Baltic Earth 2021). Intensyfikacja częstości i zasięgu zakwitów związana z obserwowanym w morzu Bałtyckim spadkiem zasolenia i wzrostem temperatury wód powierzchniowych. Należy tu jednak zaznaczyć, że głównym czynnikiem decydującym o natężeniu zakwitów sinic jest eutrofizacja, która jest powiązana z oddziaływaniem wielu czynników (HELCOM and Baltic Earth 2021).

Niemniej, można z umiarkowaną pewnością założyć, że zmiana klimatu będzie prowadziła do silniejszej stratyfikacji, pogorszenia warunków tlenowych, oraz wzrostu wewnętrznego ładunku biogenów (HELCOM and Baltic Earth 2021). Wzrost temperatury faworyzuje sinice i będzie prawdopodobnie prowadził do intensyfikacji zakwitów (O’Neil i inni 2012).

## Ocena stanu środowiska wód morskich

Ocena stanu POM na podstawie wskaźnika 'Indeks zakwitów sinic (CyaBI)' w okresie oceny 2016-2021 została przyjęta za oceną regionalną HELCOM HOLAS 3 (HELCOM 2023). W żadnym z czterech obszarów dla których przeprowadzona została ocena stanu: Basenu Bornholmskiego, Zatoki Pomorskiej, Basenu Gdańskiego i wschodniego Basenu Gotlandzkiego nie został osiągnięty stan dobry (GES) (Tabela 3).

Tabela 3. Ocena stanu na podstawie wskaźnika Indeks zakwitów sinic (CyaBI) dla okresu 2016-2021 w obszarach oceny POM (HELCOM 2023)

Obszar oceny	Ocena stanu w okresie 2016-2021	Ogólna wiarygodność wskaźnika
Basen Bornholmski (L4-SEA-007A-POL)	subGES	wysoka
Zatoka Pomorska (L4-SEA-007B-POL)	subGES	średnia
Basen Gdański (L3-SEA-008-POL)	subGES	średnia
Wschodni Basen Gotlandzki (L3-SEA-009-POL)	subGES	wysoka

### Ocena wiarygodności wskaźnika

W przypadku większości obszarów ocenianych w ramach HOLAS 3 (HELCOM 2023) ogólna wiarygodność wskaźnika, uwzględniająca wiarygodność czasową, przestrzenną i klasyfikacji, jest wysoka. Jedyne wyjątki stanowią obszary Zatoki Pomorskiej i Basenu Gdańskiego gdzie wiarygodność jest oceniana na średnią ze względu na niską wiarygodność przestrzenną.

### Porównanie w stosunku do poprzedniej oceny

Zarówno w poprzednim (2011-2016, HOLAS 2) jak i obecnym (2016-2021, HOLAS 3) okresie oceny w żadnym z obszarów POM wskaźnik CyaBI nie osiągnął wartości wskazujących na dobry stan środowiska. W obszarach POM nie stwierdzono żadnych istotnych trendów w obserwowanych wartościach wskaźnika (HELCOM 2023).

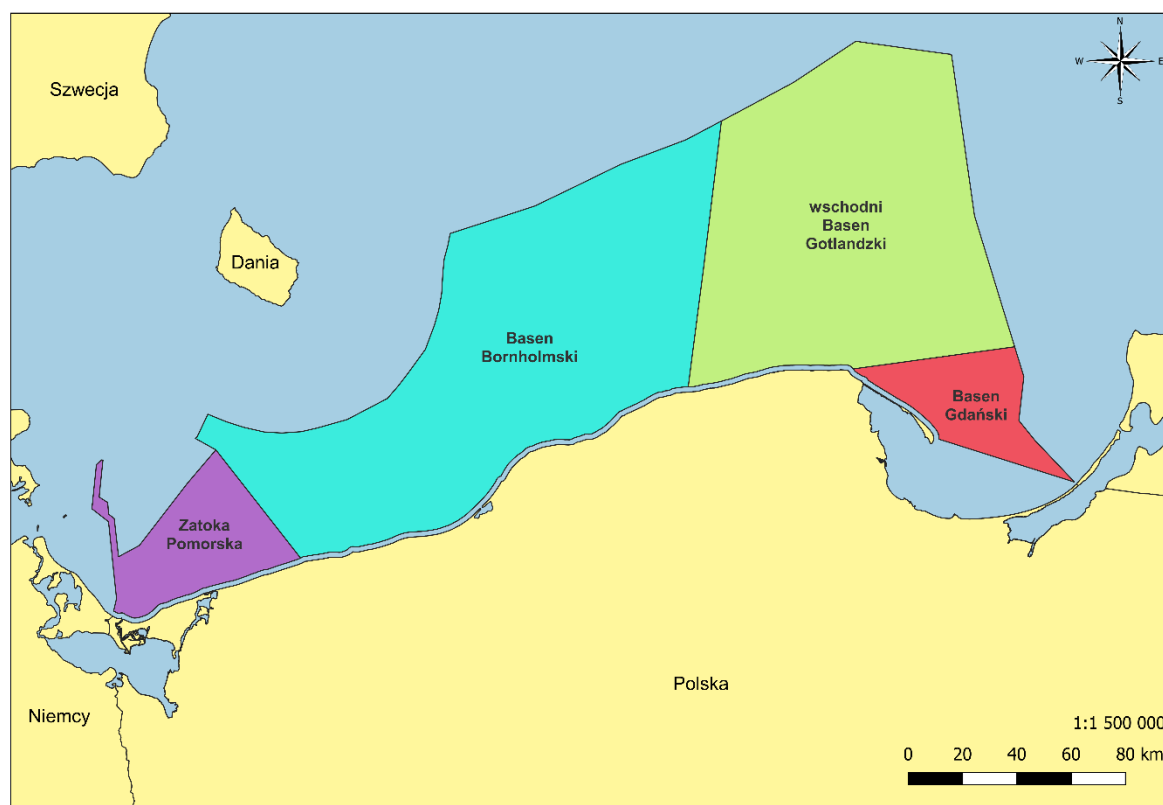
## Metodyka przeprowadzenia oceny

### 1. Obszary oceny

Ocena wskaźnika CyaBI jest przeprowadzana na poziomie L4 dla obszarów otwartego morza zgodnie z Strategią Monitoringu i Oceny HELCOM (HELCOM 2013). W przypadku oceny krajowej za 3 holistyczną oceną stanu środowiska Morza Bałtyckiego (HELCOM HOLAS 3) są to 3 głębokowodne baseny: Bornholmski, Gdański i wschodni Gotlandzki, oraz Zatoka Pomorska (Tabela 4, Rysunek 2).

Tabela 4. Obszary oceny stanu dla wskaźnika Sezonowa sukcesja dominujących grup fitoplanktonu w POM

Obszar oceny	Typ siedliska	Typ wód
Basen Bornholmski (L4-SEA-007A-POL)	Pelagiczne Szelfowe	wody otwarte
Zatoka Pomorska (L4-SEA-007B-POL)		Wody otwarte
Basen Gdański (L3-SEA-008-POL)		wody otwarte
Wschodni Basen Gotlandzki (L3-SEA-009-POL)		wody otwarte



Rysunek 2. Obszary oceny stanu dla wskaźnika Indeks zakwitów sinic (CyaBI) w POM

## 2. Opis przeprowadzenia oceny

Krajowa ocena stanu na podstawie wskaźnika Indeks zakwitów sinic (CyaBI) za okres 2016-2021 dla POM zostanie w całości przyjęta za regionalną oceną przeprowadzoną w ramach HELCOM HOLAS 3 (HELCOM 2023) dla odpowiadających obszarów POM.

## 3. Wartości progowe

Metodyka wyznaczania granicy dobrego stanu środowiska (GES) zastosowana w ocenie regionalnej (HELCOM HOLAS 3) została przyjęta zgodnie z raportem wskaźnikowym HELCOM 2023 dot. wskaźnika.

Wartości progowe wskaźników dla jednostek oceny wyprowadzono jako średnią z wartości granicznych poszczególnych parametrów. Jeśli wartość była dostępna tylko dla jednego z parametrów, wartość ta była używana jako próg dla samego wskaźnika, a ocena wskaźnika dla tej jednostki oceny opierała się wyłącznie na tym parametrze. W okresie objętym oceną 2016–2021 w POM sytuacja taka wystąpiła w przypadku Basenu Gdańskiego i Zatoki Pomorskiej, dla których dostępne były jedynie wartości graniczne CSA. Należy tu zaznaczyć, że zastosowane wartości progowe są wstępne i nie zostały jeszcze ostatecznie uzgodnione w ramach HELCOM.

Ponieważ zakwity sinic są zjawiskiem naturalnym w Morzu Bałtyckim, wartości progowe nie powinny opisywać stanu bez zakwitów, a raczej stan bez rozległych i potencjalnie szkodliwych zakwitów. Stan ten powinien być zgodny ze zrównoważonym użytkowaniem morza przez człowieka. Aby osiągnąć ten cel, wartości graniczne wyznaczono na podstawie okresów w dostępnych bazach danych, podczas których eutrofizacja miała już wpływ na stan środowiska, ale intensywność zakwitów była niska. W celu rozróżnienia krótszych okresów małej intensywności zakwitów w porównaniu do poziomu ogólnego zastosowano metodę detekcji przesunięć (Rodionov 2004); lub jeśli nie wyróżniano takich okresów, progi oparto na poszczególnych latach słabych zakwitów metodą najniższego kwartyla.

### **Wartości graniczne CSA**

Wartości graniczne dla parametru CSA są oparte na satelitarnych szeregach czasowych dotyczących akumulacji glonów (Fraction with Cyanobacterial Accumulations, FCA) z lat 1979-2014 w Morzu Bałtyckim (Kahru i Elmgren 2014). Metoda detekcji została pomyślnie zastosowana w ocenie HOLAS 2. Znormalizowane wartości progowe FCA zostały przekształcone w wartości graniczne CSA z zastosowaniem modelu liniowego między dwoma zbiorami danych (Anttila i in. 2018).

Modele normalizacyjne i liniowe dla HOLAS 3 zostały zaktualizowane, co wpłynęło na znormalizowane wartości graniczne CSA, ale podstawowe wartości FCA pozostały niezmienione. Wyznaczono nowe wstępne wartości graniczne dla Basenu Bornholmskiego i Zatoki Pomorskiej. Dla Basenu Bornholmskiego zastosowano tę samą metodę, co w HOLAS 2, natomiast dla Zatoki Pomorskiej dane FCA z lat 1979-1997, z większą niepewnością, zostały wyłączone z ustalania progów, a progi oparto na 5 percentylu FCA% z 1998 r. -2021.

### **Wartości graniczne biomasy sinic**

Progi dla biomasy sinic zostały ustalone na podstawie jednostkowych szeregów czasowych średniej rocznej biomasy sinic, jako sumy trzech głównych rodzajów sinic tworzących letnie (najczęściej VI – VIII) zakwity: *Nodularia*, *Aphanizomenon* i *Dolichospermum* (Wasmund i in. 2015). Okresy o niskiej intensywności zakwitów w POM zostały zidentyfikowane z zastosowaniem metody najniższego kwartyla. Niemniej w przypadku Basenu Gdańskiego i Zatoki Pomorskiej wartości graniczne wciąż nie zostały wyznaczone (HELCOM 2023).

### **Wartości progowe dobrego stanu środowiska w POM**

Na potrzeby oceny w ramach HOLAS 3 wartości progowe zostały wyznaczone dla czterech akwenów POM: Basenu Bornholmskiego, Zatoki Pomorskiej, Basenu Gdańskiego i wschodniego Basenu Gotlandzkiego (Tabela 5, Tabela 6). Wartość EQRS (*ecological quality ratio scaled*) wskazuje na stosunek rzeczywistego zagęszczenia w stosunku do wartości referencyjnej i maleje wraz ze wzrostem eutrofizacji (wartość progowa zostaje osiągnięta, gdy EQRS  $\geq$  0,6).

Tabela 5. Wartości progowe na podstawie wskaźnika Indeks zakwitów sinic (CyaBI) dla okresu 2016-2021 w obszarach oceny POM. Wartości wskaźnika na podstawie dwóch parametrów, CSA i biomasy sinic, wartości wskaźnika (proponowane progowe i szacowane 2016-2021) poddano normalizacji 0-1, gdzie 1 oznacza stan dobry (HELCOM 2023)

Obszar oceny	Proponowane wartości progowe	Szacowana wartość 2016-2021	EQRS
Basen Bornholmski (L4-SEA-007-POL)	0,83	0,61	0,46
Zatoka Pomorska (L4-SEA-007B-POL)	0,81	0,43	0,36
Basen Gdański (L3-SEA-008-POL)	0,77	0,45	0,38
Wschodni Basen Gotlandzki (L3-SEA-009-POL)	0,89	0,44	0,29

Tabela 6. Wyniki parametrów wskaźnika Indeks zakwitów sinic (CyaBI) dla okresu 2016-2021, oraz wartości EQRS dla biomasy sinic i CSA (HELCOM 2023)

Obszar oceny	Biomasa sinic [ $\mu\text{g L}^{-1}$ ]	EQRS Biomasa sinic	EQRS CSA
Basen Bornholmski (L4-SEA-007-POL)	85	0,59	0,33
Zatoka Pomorska (L4-SEA-007B-POL)			0,36
Basen Gdański (L3-SEA-008-POL)			0,38
Wschodni Basen Gotlandzki (L3-SEA-009-POL)	284	0,28	0,36

#### 4. Metodyka oceny wiarygodności

Wiarygodność jest oceniane na podstawie oceny eksperckiej, w szczególności wymaga to oceny czterech kryteriów: wiarygodności przestrzennej, czasowej, klasyfikacyjnej i metodycznej.

Wiarygodność przestrzenna wskaźnika była wysoka w większości jednostek oceny. Wiarygodność przestrzenna parametru biomasy była niska we wszystkich jednostkach oceny, parametru CSA była wysoka w prawie wszystkich jednostkach oceny, w POM wyjątkami była Zatoka Pomorska i Basen Gdański gdzie była niska. Przyczyną niższej wiarygodności przestrzennej dla CSA jest występowanie płytkich obszarów, które mogą spowodować przeszacowanie wykrywanych zakwitów w obserwacjach satelitarnych, dlatego obserwacje nad tymi obszarami zostały wykluczone.

Wiarygodność czasowa wskaźnika była wysoka we wszystkich jednostkach oceny. Wiarygodność była również wysoka dla parametru CSA we wszystkich ocenianych obszarach oraz dla parametru biomasy dla wszystkich obszarów POM.

Wiarygodność klasyfikacyjna wskaźnika była wysoka dla wszystkich obszarów. Również w przypadku obu parametrów wiarygodność była wysoka.



## 5. Źródła danych

<https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/ce715a5a-ad7b-46c7-bf37-e5d45aeb73da>

## 6. Link do wskaźnika regionalnego HELCOM

<https://indicators.helcom.fi/indicator/cyanobacterial-blooms/>

<https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/72854fcb-4739-46db-a595-d120c27dda4f>

## Autorzy

Marcin Kalarus

## Literatura

Anttila S., Fleming-Lehtinen V., Attila J., Junttila S., Alasalmi H., Hällfors H., Kervinen M. and Koponen S. 2018. A novel earth observation based ecological indicator for cyanobacterial blooms. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 64: 145-155

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

Decyzja Komisji 2017/848. DECYZJA KOMISJI (UE) 2017/848 z dnia 17 maja 2017 r. ustanawiająca kryteria i standardy metodologiczne dotyczące dobrego stanu środowiska wód morskich oraz specyfikacje i ujednolicone metody monitorowania i oceny, oraz uchylająca decyzję 2010/477/UE

Decyzja Komisji 2017/845. 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 branych pod uwagę przy opracowaniu strategii morskich

Dyrektywa 2008/56/WE. 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)

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

HELCOM and Baltic Earth. 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings N°180. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/09/Baltic-Sea-Climate-Change-Fact-Sheet-2021.pdf>

HELCOM. 2022. Assessment of sources of nutrient inputs to the Baltic Sea in 2017." <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2022/12/PLC-7-Assessment-of-sources-of-nutrient-inputs-to-the-Baltic-Sea-in-2017.pdf>

HELCOM 2023. Cyanobacteria bloom index. HELCOM pre-core indicator report. Online. [2023.07.31], <https://indicators.helcom.fi/indicator/cyanobacterial-blooms/>

Kahru M., Elmgren R. 2014. Satellite detection of multi-decadal time series of cyanobacteria accumulations in the Baltic Sea. *Biogeosciences Discussions* 11: 3319-3364

Kownacka J., Busch S., Göbel J., Gromisz S., Hällfors H., Högländer H., Huseby S., Jaanus A., Jakobsen H.H., Johansen M., Johansson M., Jurgensone I., Liebeke N., Kobos J., Kraśniewski W., Kremp A., Lehtinen S., Olenina I., v. Weber M., Wasmund N., 2022. Cyanobacteria biomass 1990-2020. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheets 2021. Online. [14.10.2022], <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/eutrophication/cyanobacteria-biomass>

O'Neil J.M., Davis T.W., Burford M.A., Gobler C.J., 2012. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*, 14: 313-334

Rodionov S.N., 2004. A sequential algorithm for testing climate regime shifts. *Geophysical Research Letters*, 31(9), L09204

Wasmund N., Busch S., Göbel J., Gromisz S., Högländer H., Jaanus A., Johansen M., Jurgensone I., Karlsson C., Kownacka J., Kraśniewski W., Lehtinen S., Olenina I., v. Weber M., 2015. Cyanobacteria biomass. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheet 2015, Published 18 September 2015. <http://helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/eutrophication/cyanobacteria-biomass/>



Sfinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej