

Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)

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

Podsumowanie oceny

Obszary otwartego morza

'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' to wskaźnik podstawowy Komisji Helsińskiej (HELCOM), który określa średnie stężenia rozpuszczonych form fosforu nieorganicznego (DIP) w wodach powierzchniowych (0-10 m) w sezonie zimowym (grudzień-luty) w okresie 2016-2021. Wskaźnik odnosi się do oceny kryterium D5C1 RDSM – „Stężenia składników odżywczych nie są na poziomach, które wskazują na negatywne skutki eutrofizacji”.

W obszarach otwartego morza nie zanotowano wartości wskazujących na osiągnięcie dobrego stanu w żadnym z monitorowanych obszarów obejmujących polskie obszary morskie (POM) (Rysunek 1). W żadnym z ocenianych basenów nie zaobserwowano poprawy w trendach wskaźnika. Pomimo ograniczenia dopływów fosforu do morza nie zaobserwowano, począwszy od lat 90 tych XX w., spadku zimowych stężeń DIP. W przypadku Basenu Bornholmskiego zaobserwowano trend pogarszających się warunków tj. wzrost stężeń DIP co może być związane z przedostawaniem się fosforu z osadów dennych.

Porównując ocenę z lat 2011-2016 (HOLAS II) oraz 2016-2021 (HOLAS 3) w przypadku Basenu Gdańskiego oraz wschodniego Basenu Gotlandzkiego zaobserwowano pogarszający się stan w odniesieniu do wskaźnika. W przypadku pozostałych obszarów otwartego morza nie zaobserwowano istotnych trendów.

Wiarygodność wskaźnika określono jako wysoką w Basenie Bornholmskim i wschodnim Basenie Gotlandzkim. W pozostałych obszarach otwartego morza wiarygodność oceniono jako umiarkowaną na co największy wpływ miała niska wartość wiarygodności przestrzennej.

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

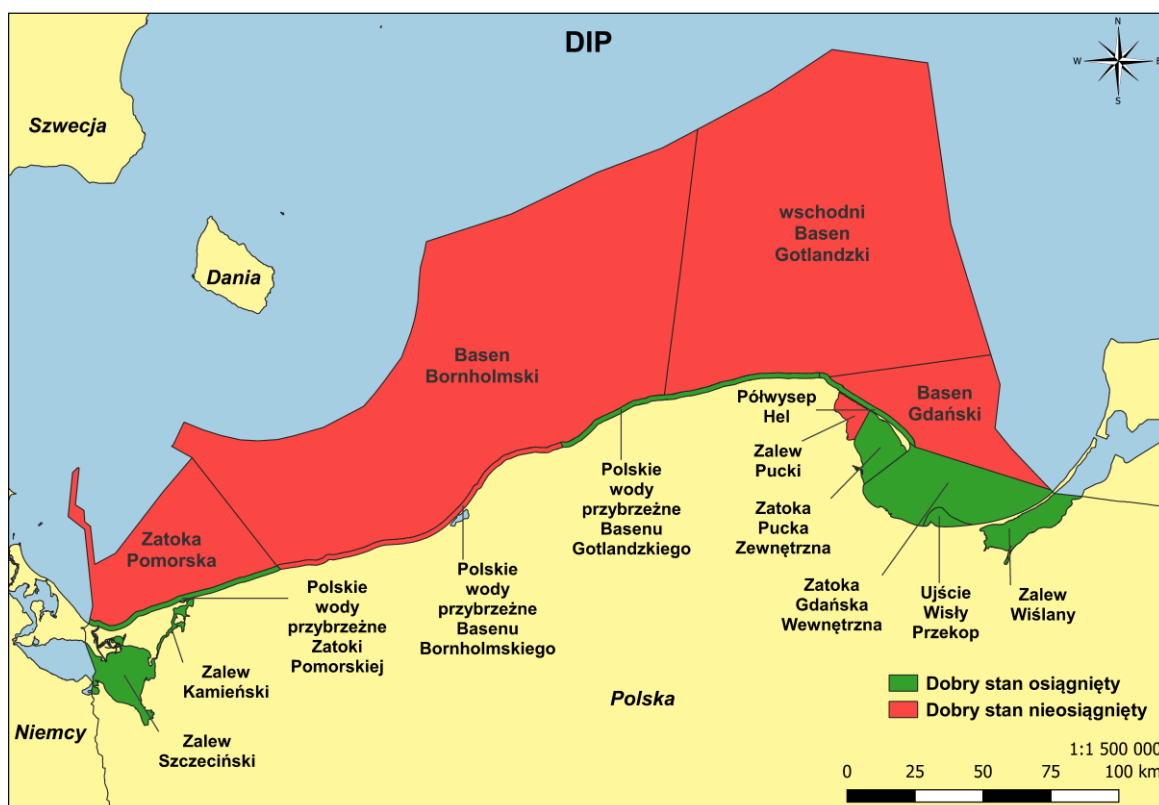
Wskaźnikiem stosowanym w ocenie jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP) przejściowych i przybrzeżnych odpowiadającym wskaźnikowi HELCOM jest Fosfor fosforanowy (V) (ortofosforanowy), który jest jednym ze wskaźników jakości wód powierzchniowych charakteryzujących warunki biogenne. W wodach JCWP Zalew Wiślany, Zalew Szczeciński, Zalew Kamieński oraz Zalew Pucki wskaźnik wyliczany jest jako średnie stężenie w kolumnie wody z całego roku. W przypadku pozostałych JCWP wskaźnik określany jest w postaci średnich stężeń w kolumnie wody w sezonie zimowym (styczeń-marzec) w okresie 2016-2021.

Wskaźnik osiągnął wartość docelową wskazującą na dobry stan w 9 z 11 JCWP. Jedynie w JCWP Polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego i JCWP Zalew Pucki dobry stan nie został osiągnięty (Rysunek 1).

Porównując okres bieżącej oceny (2016-2021) z okresem aktualizacji wstępnej oceny (2011-2016) w przypadku 5 JCWP zaobserwowano zmianę w klasyfikacji stanu w zakresie wskaźnika. W przypadku

JCWP Zatoka Pucka Zewnętrzna, Zatoka Gdańska Wewnętrzna, Ujście Wisły Przekop, Półwysep Hel oraz Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego stan uległ poprawie z poniżej dobrego na dobry. W pozostałych JCWP stan nie uległ zmianie. W zakresie zmian wartości stężeń zanotowano niekorzystny trend wzrostu stężeń w 3 z 11 JCWP. W 6 JCWP wartości stężeń uległy obniżeniu, a w 2 JCWP wartości stężeń nie uległy zmianie.

W obszarach wód przejściowych i przybrzeżnych wiarygodność wskaźnika określono jako wysoką we wszystkich obszarach oceny poza JCWP Zatoka Pucka Zewnętrzna, Zatoka Gdańska Wewnętrzna i Ujście Wisły Przekop, w przypadku których wiarygodność oceniono jako umiarkowaną.



Rysunek 1. Ocena wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' – kryterium D5C1 w okresie 2016-2021

Opis wskaźnika

1. Charakterystyka wskaźnika

'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' to wskaźnik podstawowy HELCOM, który określa średnie stężenia rozpuszczonych form fosforu nieorganicznego (DIP) w wodach powierzchniowych (0-10 m) w sezonie zimowym (grudzień-luty) w okresie 2016-2021.

Wskaźnikiem stosowanym w ocenie JCWP odpowiadającym wskaźnikowi HELCOM jest Fosfor fosforanowy (V) (ortofosforanowy), który jest jednym ze wskaźników jakości wód powierzchniowych charakteryzujących warunki biogenne.

Eutrofizacja powodowana jest przez nadmierny dopływ substancji biogennych (azotu i fosforu) z różnych typów działalności człowieka. Wysokie stężenia substancji biogennych oraz stosunek tych substancji (stosunek stechiometryczny N:P) zapewniają odpowiednie warunki do wzrostu glonów, obniżenia przezroczystości wody morskiej i zwiększenia konsumpcji tlenu. Długoterminowe dane

dotyczące biogenów są kluczowymi parametrami umożliwiającymi określenie ilościowego wpływu działalności człowieka oraz określenia skuteczności wprowadzanych działań, które odnoszą się bezpośrednio do podwyższonego dopływu biogenów.

Eutrofizacja w Morzu Bałtyckim jest w głównej mierze spowodowana wzbogacaniem substancji biogenych, prowadzącym do wzmożonej produkcji materii organicznej, co w konsekwencji wpływa na przezroczystość wody morskiej, zbiorowiska fitoplanktonu, zoobentosu, makrofitów oraz na warunki tlenowe. Fitoplankton oraz roślinność bentosowa potrzebują do wzrostu biogenów, a szczególnie azotu i fosforu. Fosfor jest ważnym limitującym elementem, gdyż azot może być przywracany w środowisku w ramach procesu jego wiązania z atmosfery. W związku z powyższym nadmiar fosforu może sprzyjać produkcji pierwotnej zwłaszcza diazotroficznych gatunków sinic.

W celu określenia trendu w stężeniach biogenów w wodzie konieczne jest przeprowadzenie oceny zarówno ich form całkowitych jak i rozpuszczonych. Rozpuszczone formy fosforu nieorganicznego (DIP) są głównym elementem wspierającym produkcję pierwotną. Zazwyczaj wskaźnik ten podlega znacznym wahaniom sezonowym w wodach powierzchniowych (0-10 m), a jego najwyższe stężenia przypadają na miesiące zimowe, następnie następuje spadek stężeń DIP w okresie wiosny i lata prowadząc do względnie krótkiego wyczerpania zasobów tego wskaźnika w połowie lata. Jesienią następuje zjawisko remineralizacji, które razem z występującymi okresowo sztormami powodującymi znaczne pionowe mieszanie się mas wodnych doprowadza do ponownego wzbogacenia warstwy powierzchniowej morza w DIP. Zimowe stężenia DIP wpływają na wielkość i intensywność wiosennych zakwitów fitoplanktonu oraz na wzrost diazotroficznych gatunków sinic w okresie lata. Wartości progowe zostały opracowane w celu zapewnienia wystąpienia normalnego wiosennego zakwitów fitoplanktonu (bez nadmiernego wzrostu glonów) oraz ograniczenia zakwitów diazotroficznych gatunków sinic w okresie lata.

2. Odniesienie do prawodawstwa, planów działań i celów

Eutrofizacja jest jednym z czterech bloków tematycznych Bałtyckiego Planu Działania (HELCOM BSAP), którego nadrzędnym celem jest Morze Bałtyckie wolne od eutrofizacji (HELCOM 2021). Eutrofizacja w ramach HELCOM BSAP określana jest jako stan, w którym nadmierny dopływ biogenów do środowiska morskiego wpływa na wzmożony wzrost glonów co powoduje zakłócenie równowagi w funkcjonowaniu całego systemu Morza Bałtyckiego.

Podwyższone stężenia biogenów w kolumnie wody są spowodowane poprzez wzmożony dopływ ładunków biogenów z antropogenicznych źródeł z lądu i atmosfery. Cel dla eutrofizacji jest podzielony na 5 celów ekologicznych, z których jeden to „stężenia biogenów zbliżone do poziomów naturalnych”. Celem dla zarządzania w HELCOM BSAP jest "minimalizacja wprowadzania biogenów z działalności człowieka".

Ramowa dyrektywa ws. strategii morskiej (RDSM) (Dyrektywa 2008/56/WE) wymaga, aby „do minimum ograniczyć 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”. Stężenia składników odżywczych (w tym DIP) są jednymi z elementów kryteriów oceny eutrofizacji w ramach kryterium D5C1.

Ramowa dyrektywa wodna (RDW) (Dyrektywa 2000/60/WE) wymaga dobrego stanu ekologicznego wód przybrzeżnych. Dobry stan ekologiczny jest określany zgodnie z RDW w oparciu o jakość elementów biologicznych, charakterystyki hydrologicznej i chemicznej, w tym stężeń biogenów.

Powiązanie wskaźnika z europejskimi aktami prawnymi przedstawiono w Tabela 1.

Tabela 1. Powiązania wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' z prawodawstwem UE

Wymagania i rekomendacje legislacyjne	
<p>Ramowa Dyrektywa w sprawie Strategii Morskiej (RDSM) (Dyrektywa 2008/56/WE, Dyrektywa 2017/845)</p>	<p>Cecha D5 - 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.</p> <p>Kryterium D5C1 - Stężenia składników odżywczych nie są na poziomach, które wskazują na negatywne skutki eutrofizacji.</p> <p>Wartości progowe są następujące:</p> <ul style="list-style-type: none"> - w odniesieniu do wód przybrzeżnych, wartości ustanowione zgodnie z dyrektywą 2000/60/WE; - poza wodami przybrzeżnymi, wartości spójne z wartościami dla wód przybrzeżnych na podstawie dyrektywy 2000/60/WE. Państwa członkowskie ustanawiają te wartości w ramach współpracy regionalnej lub podregionalnej. <p>Właściwość - Eutrofizacja</p> <p>Element kryterium - DIP</p>
	<p>Cecha D6 - Integralność dna morskiego utrzymuje się na poziomie gwarantującym ochronę struktury i funkcji ekosystemów oraz brak niekorzystnego wpływu zwłaszcza na ekosystemy bentosowe</p> <p>Kryterium D6C5 - Zakres negatywnych skutków oddziaływań antropogenicznych na stan typów siedlisk, w tym zmiany ich biotycznej i abiotycznej struktury i jej funkcji (np. jej typowego składu gatunków, a także ich względnej liczebności, braku szczególnie delikatnych lub wrażliwych gatunków lub gatunków zapewniających kluczową funkcję, struktury rozmiarów gatunku), nie przekracza określonego odsetka naturalnego zasięgu siedliska w ocenianym obszarze.</p> <p>Właściwość – siedliska bentosowe</p> <p>Element kryterium - Ogólne typy siedlisk bentosowych</p>
	<p>Cecha D1 - Utrzymana jest różnorodność biologiczna. Jakość i występowanie siedlisk oraz rozmieszczenie i bogactwo gatunków odpowiadają dominującym warunkom fizjograficznym, geograficznym i klimatycznym.</p> <p>Kryterium D1C6 – Stan typu siedliska, w tym jego struktura biotyczna i abiotyczna oraz jej funkcje (np. jej typowy skład gatunków, a także ich względna liczebność, brak szczególnie delikatnych lub wrażliwych gatunków lub gatunków zapewniających kluczową funkcję, rozmiar struktury gatunków) nie odniósł szkody z powodu oddziaływań antropogenicznych.</p> <p>Właściwość – Ogólne typy siedlisk pelagicznych</p> <p>Element kryterium – poziomy troficzne</p>
<p>Bałtycki Plan Działania (HELCOM BSAP)</p>	<p>Segment: Eutrofizacja</p> <p>Cel: "Morze Bałtyckie wolne od eutrofizacji".</p> <p>Cel ekologiczny:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Stężenia biogenów zbliżone do poziomów naturalnych"; • "Czyste wody"; • "Naturalny poziom zakwitów glonów"; • "Naturalne rozmieszczenie i występowanie roślin i zwierząt"; • "Naturalne poziomy tlenu". <p>Cel zarządzania:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Minimalizacja wprowadzania biogenów z działalności człowieka". <p>Osiągnięcie regionalnych celów w zakresie wprowadzania składników pokarmowych - Maksymalne Dopuszczalne Dopytywy (MAI) i Pułapy Dopytywu Biogenów (NIC) - dla wszystkich basenów, jak określono w niniejszym BSAP, jest kluczowym warunkiem wstępnym dla osiągnięcia celów ekologicznych.</p>

Wymagania i rekomendacje legislacyjne	
	<p>Segment: Działalność na morzu Cel: „Zrównoważona środowiskowo działalność morską” Cel ekologiczny:</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Brak lub minimalne zakłócenie bioróżnorodności i ekosystemu” <p>Cel zarządzania:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Minimalizacja wprowadzania biogenów, substancji niebezpiecznych oraz odpadów na skutek człowieka na morzu".
	<p>Segment: Bioróżnorodność Cel: "Ekosystem Morza Bałtyckiego jest zdrowy i odporny” Cel ekologiczny:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Naturalne rozmieszczenie, występowanie i jakość siedlisk oraz związanych z nimi zbiorowisk". <p>Cel zarządzania:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Minimalizacja zakłócania gatunków, ich siedlisk i szlaków migracyjnych spowodowanego działalnością człowieka".
Ramowa Dyrektywa Wodna Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 25 czerwca 2021 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 1475)	Fosfor fosforanowy (V) (ortofosforanowy) jest jednym ze wskaźników charakteryzujących warunki biogenne (substancje biogenne) i stan ekologiczny
Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ	Cele zrównoważonego Rozwoju ONZ: <ul style="list-style-type: none"> • Cel 14 Zrównoważonego Rozwoju ONZ (Chronić oceany, morza i zasoby morskie oraz wykorzystywać je w sposób zrównoważony); • Cel 12 (Zapewnić wzorce zrównoważonej konsumpcji i produkcji); • Cel 13 (Podjąć pilne działania w celu przeciwdziałania zmianom klimatu i ich skutkom) również mają znaczenie.

3. Powiązanie z presjami

Na stężenia substancji biogenych w wodzie morskiej wpływają ich zwiększone antropogeniczne dopływy z lądu i z atmosfery. Źródła rozproszone stanowią blisko 56% dopływu fosforu całkowitego do Morza Bałtyckiego (HELCOM 2022). Dopływy naturalne (20%) są drugim największym źródłem dopływu fosforu do morza, źródła punktowe (17%) i depozycja atmosferyczna (7%). Do źródeł punktowych zalicza się działalności takie jak miejskie oczyszczalnie ścieków, oczyszczalnie przemysłowe i rolnicze. Na źródła rozproszone składają się głównie rolnictwo, gospodarka leśna, rozproszone budynki mieszkalne, czy kanalizacja burzowa.

W rejonie Morza Bałtyckiego zaobserwowano znaczną redukcję dopływu biogenów. Całkowity znormalizowany dopływ fosforu został zredukowany o 28% pomiędzy okresem referencyjnym (1997-2003), a rokiem 2020 (HELCOM 2023). Progi maksymalnego dopuszczalnego dopływu (MAI) fosforu zostały wypełnione w przypadku obszarów Zatoki Botnickiej, Morza Botnickiego, Cieśnin Duńskich oraz Kattegat. Spełnienie wyżej wymienionych wymagań w zakresie dopływu nie przełożyło się jednak na osiągnięcie dobrego stanu wskaźnika ‘Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)’ w wyżej wymienionych basenach, co wskazuje na występowanie opóźnienia w odbudowie ekosystemu ze stanu eutrofizacji oraz potencjalnie na występowanie wewnętrznych dopływów fosforu z osadów dennych w Morzu Bałtyckim (Gustafsson i in. 2022).

Tabela 2. Powiązania wskaźnika ‘Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)’ z typami działalności człowieka oraz presjami z tabel 2a z Załącznika III do Dyrektywy 2017/845.

Presje antropogeniczne: RDSM, Załącznik III, Tabela 2a
- wprowadzanie substancji biogenych – źródła rozproszone, źródła punktowe, depozycja atmosferyczna;

4. Powiązanie ze zmianą klimatu

Obecny zakres wiedzy nie pozwala na oddzielenie wpływu zmiany klimatu na poziom dopływu substancji biogenych do morza od innych źródeł presji (HELCOM i Baltic Earth 2021). Na poziom substancji biogenych w obszarach morskich największy wpływ mają ich dopływy. Zmiany w zachmurzeniu oraz stratyfikacji w kolumnie wody spowodowały wydłużenie okresu wegetacyjnego fitoplanktonu. Uważa się, iż zmiana klimatu może pogłębiać stratyfikację obszarów morskich, która w konsekwencji wpływać będzie na pogorszenie warunków tlenowych w strefie przydennej oraz zwiększenie wewnętrznych ładunków biogenów (Gustafsson i in. 2012). Zmiana klimatu prowadzić może również do większej zmienności w ładunkach doprowadzanych z rzek spowodowanej przez wzrost liczby epizodów powodzi i suszy. Zjawiska ekstremalne mogą mieć bezpośredni wpływ na stężenia substancji biogenych w morzu.

Ocena stanu środowiska wód morskich

Obszary otwartego morza

W żadnym z ocenianych obszarów otwartego morza w POM wskaźnik 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' nie osiągnął wartości progowej (Tabela 3). Najniższą wyskalowaną wartość wskaźnika (EQRS) wyliczono dla wód Basenu Bornholmskiego wschodniego Basenu Gotlandzkiego, gdzie notowane stężenia DIP przekroczyły wartość progową o ponad 100%. Najwyższą wartość EQRS wyliczono dla wód Zatoki Pomorskiej, gdzie wartość progowa wskaźnika została przekroczona o blisko 100%.

Tabela 3. Wartości progowe, bieżące wartości wskaźnika (jako średnia z lat 2016-2021), wartość wyskalowana (jako średnia wartość z EQRS rocznych) oraz stan wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' w basenach otwartego morza. EQRS jest ilościową wartością opisującą stopień eutrofizacji, wyliczaną z wartości progowej oraz wartości bieżącej wskaźnika – dla wartości EQRS $\geq 0,6$ dobry stan został osiągnięty (dobry stan osiągnięty – kolor zielony, dobry stan nieosiągnięty – kolor czerwony)

Obszar oceny	Wartość progowa ($\mu\text{mol l}^{-1}$)	Wartość średnia 2016-2021 ($\mu\text{mol l}^{-1}$)	Wartość wyskalowana EQRS	Stan środowiska
Basen Bornholmski	0,28	0,71	0,14	
Zatoka Pomorska	0,4	0,79	0,20	
wschodni Basen Gotlandzki	0,29	0,67	0,15	
Basen Gdański	0,36	0,74	0,18	

Trend w ocenie

Wyniki oceny wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' w postaci wartości EQRS z bieżącego okresu oceny (2016-2021) zostały porównane z wynikami z oceny poprzedniej (2011-2016) (Tabela 4). W przypadku żadnego z ocenianych obszarów otwartego morza nie zaobserwowano zmian w klasyfikacji stanu. W przypadku wód Zatoki Pomorskiej oraz Basenu Bornholmskiego nie zaobserwowano widocznego trendu (określonego jako zmiana powyżej 15% wartości wskaźnika) w wartości wskaźnika pomiędzy okresami oceny. W przypadku wód wschodniego Basenu Gotlandzkiego oraz Basenu Gdańskiego zaobserwowano trend malejących wartości EQRS co wskazuje na pogorszenie warunków w tym obszarze.

Tabela 4. Porównanie wyskalowanych wartości wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' w latach 2011-2016 i 2016-2021 w obszarach otwartego morza (dobry stan osiągnięty – kolor zielony, dobry stan nieosiągnięty – kolor czerwony)

Obszar oceny	Wartość średnia EQRS 2011-2016	Wartość średnia EQRS 2016-2021	% zmiany EQRS	Zauważalny trend pomiędzy oceną bieżącą i poprzednią
Basen Bornholmski	0,15	0,14	-7%	brak istotnej zmiany (nadal poniżej dobrego stanu)
Zatoka Pomorska	0,23	0,20	-13 %	brak istotnej zmiany (nadal poniżej dobrego stanu)
wschodni Basen Gotlandzki	0,19	0,15	-21 %	istotna negatywna zmiana ↓ (nadal poniżej dobrego stanu)
Basen Gdański	0,39	0,18	-54%	istotna negatywna zmiana ↓ (nadal poniżej dobrego stanu)

Długoterminowe trendy zmian umożliwiają porównanie bieżącego okresu oceny do minionych dekad i zostały określone dla okresu zaczynającego się w latach 70 tych XX w. W przypadku żadnego z ocenianych obszarów otwartego morza, począwszy od lat 90tych, nie zaobserwowano statystycznie istotnego trendu polepszających się warunków (spadku stężenia DIP). W przypadku wód Basenu Bornholmskiego zanotowano istotny statystycznie trend pogarszających się warunków (wzrost stężenia DIP). W przypadku wód Zatoki Pomorskiej i Basenu Gdańskiego obserwowana jest znaczna zmienność wskaźnika pomiędzy latami co wynikać może z bezpośredniego wpływu dopływu wód z Odry i Wisły.

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

W wodach przejściowych i przybrzeżnych wskaźnik DIP osiągnął wartość progową dobrego stanu w 9 spośród 11 JCWP (Tabela 5). Jedynie w przypadku JCWP polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego i Zalew Pucki dobry stan nie został osiągnięty. W przypadku JCWP polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego wyliczone stężenie przekraczało wartość progową o 60%, a w przypadku JCWP Zalew Pucki o ponad 300%.

Tabela 5. Wartości progowe, bieżące wartości wskaźnika (jako średnia z lat 2016-2021), wartość wyskalowana (jako średnia wartość z EQRS rocznych) oraz stan wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' w JCWP przejściowych i przybrzeżnych. EQRS jest ilościową wartością opisującą stopień eutrofizacji, wyliczaną z wartości progowej oraz wartości bieżącej wskaźnika – dla wartości EQRS $\geq 0,6$ dobry stan został osiągnięty (dobry stan osiągnięty – kolor zielony, dobry stan nieosiągnięty – kolor czerwony)

Obszar oceny	Wartość progowa (mg P-PO ₄ l ⁻¹)	Wartość średnia 2016-2021 (mg P-PO ₄ l ⁻¹)	Wartość wyskalowana EQRS – średnia z lat 2016-2021	Stan środowiska
Zalew Wiślany	0,045	0,030	0,88	
Zalew Szczeciński	0,09	0,062	0,91	
Zalew Kamieński	0,09	0,053	0,89	
Zalew Pucki	0,003	0,01	0,11	
Zatoka Pucka Zewnętrzna	0,018	0,01	0,97	
Zatoka Gdańska Wewnętrzna	0,018	0,015	0,73	
Ujście Wisły Przekop	0,035	0,020	0,91	
Półwysep Hel	0,015	0,020	0,69	
Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego	0,015	0,014	0,66	
Polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego	0,015	0,024	0,33	
Polskie wody przybrzeżne Zatoki Pomorskiej	0,024	0,025	0,62	

Trend w ocenie

Porównując okres bieżącej oceny (2016-2021) z okresem aktualizacji oceny wstępnej (2011-2016) w przypadku 5 JCWP zaobserwowano zmianę w klasyfikacji stanu w zakresie wskaźnika (Tabela 6). W przypadku JCWP Zatoka Pucka Zewnętrzna, Zatoka Gdańska Wewnętrzna, Ujście Wisły Przekop, Półwysep Hel oraz Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego stan uległ poprawie z poniżej dobrego na dobry. W pozostałych JCWP stan nie uległ zmianie. Poprzez trend w zmianie wartości stężeń wskaźnika rozumiana jest zmiana $\geq 15\%$. W zakresie zmian wartości stężeń zanotowano niekorzystny trend wzrostu stężeń w 3 z 11 JCWP. W 6 JCWP wartości stężeń uległy obniżeniu, a w 2 JCWP wartości stężeń nie uległy zmianie. Pomimo braku zmian w klasyfikacji stanu w JCWP Zalew Wiślany oraz Zalew Szczeciński zaobserwowano 200% wzrost stężenia w porównaniu do okresu 2011-2016.

Tabela 6. Porównanie wartości i ocen wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' w wodach przejściowych i przybrzeżnych w latach 2011-2016 i 2016-2021 (dobry stan osiągnięty – kolor zielony, dobry stan nieosiągnięty – kolor czerwony)

Obszar oceny	Wartość średnia stężenia w latach 2011-2016	Wartość średnia stężenia w latach 2016-2021	% zmiany	Zauważalny trend pomiędzy oceną bieżącą i poprzednią
Zalew Wiślany	0,01	0,030	+200%	istotna negatywna zmiana ↓ (nadal dobry stan)
Zalew Szczeciński	0,021	0,062	+194%	istotna negatywna zmiana ↓ (nadal dobry stan)
Zalew Kamieński	0,023	0,053	+130%	istotna negatywna zmiana ↓ (nadal dobry stan)
Zalew Pucki	0,062	0,01	-83%	istotna pozytywna zmiana ↑ (nadal poniżej dobrego stanu)
Zatoka Pucka Zewnętrzna	0,046	0,01	-78%	istotna pozytywna zmiana ↑ (zmiana z poniżej dobrego na dobry)
Zatoka Gdańska Wewnętrzna	0,028	0,015	-45%	istotna pozytywna zmiana ↑ (zmiana z poniżej dobrego na dobry)
Ujście Wisły Przekop	0,081	0,020	-75%	istotna pozytywna zmiana ↑ (zmiana z poniżej dobrego na dobry)
Półwysep Hel	0,044	0,020	-55%	istotna pozytywna zmiana ↑ (zmiana z poniżej dobrego na dobry)
Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego	0,029	0,014	-50%	istotna pozytywna zmiana ↑ (zmiana z poniżej dobrego na dobry)
Polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego	0,028	0,024	-14,5%	brak zmiany (nadal poniżej dobrego stanu)
Polskie wody przybrzeżne Zatoki Pomorskiej	0,026	0,025	-5%	brak zmiany (nadal dobry stan)

Wiarygodność oceny

Obszary otwartego morza

W obszarach otwartego morza ocena wiarygodności przeprowadzona została zgodnie z przyjętą metodyką polegającą na uśrednieniu wiarygodności przestrzennej, czasowej i precyzji klasyfikacji. Ocena wiarygodności została przeprowadzona w narzędziu HEAT.

W obszarach otwartego morza uzyskano wysoką ocenę wiarygodności w rejonie Basenu Bornholmskiego i wschodniego Basenu Gotlandzkiego oraz umiarkowaną w Zatoce Pomorskiej i Basenie Gdańskim.

Wiarygodność precyzji klasyfikacji określono jako wysoką we wszystkich obszarach otwartego morza. Uzyskane wartości wiarygodności precyzji wskazują na ponad 90% prawdopodobieństwo właściwej klasyfikacji oceny wskaźnika.

Wysoką klasyfikację wiarygodności przestrzennej zanotowano jedynie w rejonie Basenu Bornholmskiego. W wodach Basenu Gdańskiego była ona średnia, a w Zatoce Pomorskiej i wschodnim Basenie Gotlandzkim niska.

Wiarygodność czasowa określona została jako niska w przypadku Basenu Gdańskiego, średnia w Zatoce Pomorskiej oraz wysoka w Basenie Bornholmskim i wschodnim Basenie Gotlandzkim.

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

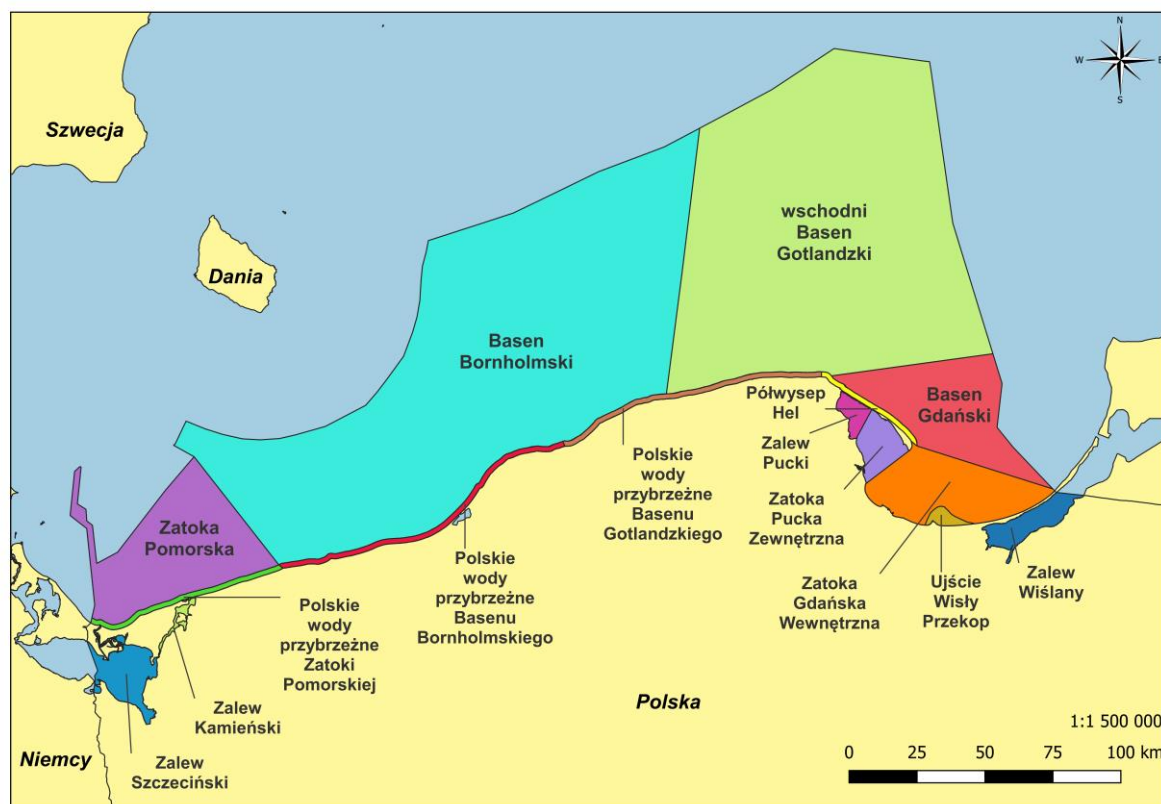
W obszarach wód przejściowych i przybrzeżnych wiarygodność wskaźnika określono jako wysoką we wszystkich obszarach oceny poza JCWP Zatoka Pucka Zewnętrzna, Zatoka Gdańska Wewnętrzna i Ujście Wisły Przekop w przypadku, których wiarygodność oceniono jako umiarkowaną.

Metodyka przeprowadzenia oceny

1. Obszary oceny

Ocena wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' została przeprowadzona na poziomie L4 podziału HELCOM (HELCOM 2013), co w zakresie eutrofizacji wiąże się z oceną 4 akwenów otwartego morza oraz jednolitych części wód powierzchniowych (Rysunek 2).

Ocena jednolitych części wód powierzchniowych przeprowadzona została w 11 obszarach zgodnie z krajowym podziałem obowiązującym od 2022 roku.



Rysunek 2. Obszary oceny wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)'

2. Opis przeprowadzenia oceny

Obszary otwartego morza

W przypadku obszarów otwartego morza ocena wskaźnika została przyjęta w całości za oceną regionalną HOLAS 3 i zaprezentowana dla obszarów obejmujących POM.

Wskaźnik wyliczany jest jako średnia wartość rozpuszczonych form fosforu nieorganicznego w czasie zimy (grudzień-luty) w okresie 2016-2021. Na podstawie zmierzonych wartości oraz wartości progowej i dopuszczalnego odchylenia (50%) wyliczone zostały współczynniki EQR, które następnie wyskalowano do przedziału 0-1 (EQRS) (Tabela 7).

Tabela 7. Specyfikacja metodyczna wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' dla obszarów otwartego morza

Wskaźnik	Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)
Odpowiedź na wpływ eutrofizacji	pozytywna
Parametry	DIP - stężenie PO ₄ (μmol/l)
Źródło danych	Dane monitoringowe dostarczone przez państwa członkowskie HELCOM i przechowywane w bazie HELCOM w ICES (www.ices.dk)
Okres oceny	2016 – 2021
Sezon oceny	Zima = grudzień + styczeń + luty
Głębokość	Warstwa powierzchniowa = wartość średnia z warstwy 0-10 m
Usuwanie wartości odstających	Nie usunięto żadnych wartości odstających
Usuwanie zbliżonych obserwacji	Nie usunięto zbliżonych obserwacji
Ocena na poziomie wskaźnika	Wartość średnia z rocznych średnich wartości z okresu grudzień - luty
Eutrophication quality ratio (EQR)	EQR = wartość najwyższa / wartość zmierzona, Gdzie, Wartość najwyższa = $ET / (1 + ACDEV / 100)$ ET = wartość graniczna ACDEV = dopuszczalne odchylenie: 50 % dla DIP Ostatecznie obliczono wartości EQRS jako wyskalowane do 5 klas o szerokości 0,2 każda. Wartości EQRS ≥ 0,6 wskazują na dobry stan środowiska (GES)
Wiarygodność wskaźnika	Ocena wiarygodności dla wskaźników eutrofizacji jest uwzględniona w HEAT i obejmuje aspekty wiarygodności czasowej, przestrzennej i precyzji. Ogólna metodyka oceny wiarygodności opisana jest w dokumencie 4.2 IN-Eutrophication 16-2020, a aktualizacje opisane są w dokumentach 4J-80 State & Conservation 14-2021 oraz 4-2 EG-Eutrophication 20-2021. Kod R jest dostępny za pośrednictwem strony https://github.com/ices-tools-prod/HEAT

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

W zależności od JCWP wskaźnik wyliczany jest jako średnia wartość stężeń fosforu fosforanowego (V) (ortofosforanowego) w zimie (styczeń-marzec), bądź z całego roku w kolumnie wody w okresie 2016-2021.

Dla wskaźnika, w każdym obszarze oceny, z wartości rocznych obliczona została wartość znormalizowana (EQR). Wartość wskaźnika EQR opisuje stosunek wartości zmierzonej do wartości progowej. Wskaźnik EQR wylicza się z wartości progowych zgodnie z przedstawioną procedurą:

$$EQR = \frac{\text{Wartość najwyższa [BEST]}}{\text{Wartość zmierzona [ES]}}, \text{ gdzie}$$

$$\text{Wartość najwyższa [BEST]} = \frac{\text{Wartość graniczna [ET]}}{\left(1 + \frac{ACDEV}{100}\right)}, \text{ gdzie}$$

ACDEV – dopuszczalne odchylenie dla wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' wynoszące 50%.

Znormalizowane wartości roczne są skalowane do wartości EQRS mieszczącej się w zakresie 0-1. Z wyskalowanych wartości rocznych wyliczana jest następnie wartość wskaźnika z okresu 2016-2021. **Wartość EQRS większa od 0,6 traktowana jest jako dobry stan w rozumieniu RDSM.**

3. Wartości progowe

Ocena stanu wskaźnika przeprowadzana jest w odniesieniu do wartości progowej. Wartości progowe w basenach otwartego morza zostały opracowane w ramach projektu TARGREV (HELCOM 2013a), projekcie EUTRO PRO (HELCOM 2009) oraz krajowych pracach prowadzonych w ramach RDW. Ostateczne wartości progowe zostały ustalone na podstawie prac grup eksperckich ds. eutrofizacji HELCOM i zaakceptowane na forum grupy HELCOM Heads of Delegations (HOD) 39/2012. Zasadniczo wartości progowe nie uległy zmianie, jednakże w przypadku nowo wydzielonego obszaru Zatoki Pomorskiej w ramach projektu HOLAS 3 opracowano nowe wartości w oparciu o wartości dla Basenu Bornholmskiego, które następnie zostały zaakceptowane na spotkaniu HELCOM HOD 61-2021 (Tabela 8).

Wartości progowe dla wód przejściowych i przybrzeżnych pochodzą z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2021 poz. 1475) (Tabela 9).

Tabela 8. Wartości progowe dla wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' w obszarach otwartego morza

Nazwa obszaru	Wartość progowa [$\mu\text{mol l}^{-1}$]
Basen Bornholmski	0,28
Zatoka Pomorska	0,4
wschodni Basen Gotlandzki	0,29
Basen Gdański	0,36

Tabela 9. Wartości progowe dla wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' w wodach przejściowych i przybrzeżnych

Nazwa obszaru	Wartość progowa [$\text{mg P-PO}_4 \text{l}^{-1}$]	
	Rok	I-III
Zalew Wiślany	0,045	-
Zalew Szczeciński	0,09	-
Zalew Kamieński	0,09	-
Zalew Pucki	0,003	-
Zatoka Pucka Zewnętrzna	-	0,018
Zatoka Gdańska Wewnętrzna	-	0,018
Ujście Wisły Przekop	-	0,035
Półwysep Hel	-	0,015
Polskie wody przybrzeżne Basenu Gotlandzkiego	-	0,015
Polskie wody przybrzeżne Basenu Bornholmskiego	-	0,015
Polskie wody przybrzeżne Zatoki Pomorskiej	-	0,024

4. Metodyka określenia wiarygodności oceny

Ogólna ocena wiarygodności wskaźnika wyliczana jest jako średnia z wiarygodności czasowej, przestrzennej i wiarygodności precyzji oceny. Kryteria oceny wiarygodności czasowej przedstawiono poniżej (Tabela 10).

Tabela 10. Kryteria oceny wiarygodności czasowej

Klasa wiarygodności	Kryteria oceny ogólnej wiarygodności czasowej	Kryteria oceny specyficznej wiarygodności czasowej
Wysoka (100)	Ocena została wykonana w oparciu o > 20 obserwacji wykonanych w ciągu roku w danym okresie oceny	0 brakujących miesięcy w ocenie rocznej
Średnia (50)	Ocena została wykonana w oparciu o 7-20 obserwacji wykonanych w ciągu roku w danym okresie oceny	1 brakujący miesiąc na rok
Niska (0)	Ocena została wykonana w oparciu o < 7 obserwacji wykonanych w ciągu roku w danym okresie oceny	≥ 2 brakujące miesiące na rok

Jeżeli specyficzna wiarygodność czasowa jest wysoka (100) w przynajmniej połowie lat z ocenionego okresu to jest też określana jako wysoka (100) dla okresu oceny. Całkowita wiarygodność czasowa jest wartością średnią z wiarygodności czasowej ogólnej oraz specyficznej.

Kryteria oceny wiarygodności przestrzennej przedstawiono poniżej (Tabela 11).

Tabela 11. Kryteria oceny wiarygodności przestrzennej.

Klasa wiarygodności	Kryteria oceny wiarygodności przestrzennej
Wysoka (100)	Komórki grid w których dokonywano pomiarów obejmują > 70% obszaru oceny
Średnia (50)	Komórki grid w których dokonywano pomiarów obejmują 50-70% obszaru oceny
Niska (0)	Komórki grid w których dokonywano pomiarów obejmują < 50% obszaru oceny

Klasyfikacja precyzji odnosi się od oceny prawdopodobieństwa właściwej klasyfikacji (określenia czy wskaźnik jest poniżej czy powyżej wartości progowej dobrego stanu).

Kryteria związane z oceną precyzji przedstawiono poniżej (Tabela 12).

Tabela 12. Kryteria oceny wiarygodności precyzji

Klasa wiarygodności	Kryteria oceny wiarygodności precyzji
Wysoka (100)	GES został/nie został osiągnięty z ≥ 90 % prawdopodobieństwem
Średnia (50)	GES został/nie został osiągnięty z 70 - <90 % prawdopodobieństwem
Niska (0)	GES został/nie został osiągnięty z < 70 % prawdopodobieństwem

Jednolite części wód przejściowych i przybrzeżnych

W obrębie JCWP przejściowych i przybrzeżnych ocena wiarygodności została przeprowadzona metodą ekspercką w oparciu o analizę liczby lat monitoringu wskaźnika w okresie oceny (Tabela 13).

Tabela 13. Kryteria oceny wiarygodności wskaźnika 'Rozpuszczony fosfor nieorganiczny (DIP)' w JCWP przejściowych i przybrzeżnych

Klasa wiarygodności	Liczba lat monitoringu wskaźnika w okresie oceny
Wysoka (100)	5-6
Średnia (50)	3-4
Niska (0)	1-2

5. Źródła danych

Ocena obszarów otwartego morza została przeprowadzona w oparciu o zaraportowane do bazy HELCOM w ICES, dane wszystkich krajów członkowskich. Baza zawiera dane pozyskane w ramach realizacji PMŚ. Dane zostały zweryfikowane przez ekspertów wszystkich krajów członkowskich.

Link do danych HOLAS 3:

<https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/f6874a17-0ed8-4f59-919d-0ec8084a1eaa>

W obszarach wód przejściowych i przybrzeżnych ocena została przeprowadzona z wykorzystaniem wyników ocen wskaźnika jakości RDW – ‘Fosfor fosforanowy (V) (ortofosforanowy)’.

Dane wykorzystane w ocenie wskaźnika w wodach przejściowych i przybrzeżnych pochodzą z monitoringu realizowanego w jednolitych częściach wód przybrzeżnych i przejściowych (Tabela 14).

Tabela 14. Źródła danych oceny wód przejściowych i przybrzeżnych

RDW	dane PMŚ, realizowanego zgodnie z wymaganiami RDW w jednolitych częściach wód przybrzeżnych i przejściowych; monitoring prowadzony przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
-----	--

6. Link do wskaźnika regionalnego HELCOM

<https://indicators.helcom.fi/indicator/dissolved-inorganic-phosphorus/>

Autorzy

Na podstawie raportu wskaźnika regionalnego:

Wojciech Kraśniewski, Michał Iwaniak, Natalia Drgas, Kamil Wawryniuk - 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 2000/60/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej

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

Gustafsson B.G., Schenk F., Blenckner T., Eilola K. i in., 2012. Reconstructing the Development of Baltic Sea Eutrophication 1850–2006. *Ambio* 41, str. 534-548

HELCOM, 2009. Eutrophication in the Baltic Sea – An Integrated Thematic Assessment of the Effects of Nutrient Enrichment and Eutrophication in the Baltic Sea Region. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 115B, 148

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

HELCOM, 2013a. Approaches and Methods for Eutrophication Target Setting in the Baltic Sea Region. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 133

HELCOM, 2021. “Baltic Sea Action Plan. 2021 Update.” Dostęp z : <https://helcom.fi/wp-14content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>

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

HELCOM, 2023. “Inputs of Nutrients to the Sub-Basins (2020). HELCOM Core Indicator Report. Online.” 2023

HELCOM i Baltic Earth, 2021. “Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings N°180.” <https://doi.org/ISSN: 0357-2994>

RM z 13.08.2021 (Dz.U. z 2021 r. poz. 1475) - ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej