

# TREŚCI MERYTORYCZNE

## **MODUŁ III:** Cechy hydrologiczne Morza Bałtyckiego mające wpływ na jego wrażliwość na oddziaływanie czynników antropogenicznych

### 1. INFORMACJE OGÓLNE

Bałtyk jest morzem płytkim, szelfowym, a jego średnia głębokość wynosi 52,3 m, co stanowi nieco ponad 10% średniej głębokości mórz i oceanów. Najgłębsze miejsce to **Głębia Landsort – 459 m p.p.m.** Poza nią jest jeszcze kilka miejsc (głębi), gdzie bałtyckie dno gwałtownie opada. Najbliższa nam to **Głębia Gdańska (118 m p.p.m.)**, która zajmuje piąte miejsce pod względem głębokości. Konsekwencją niewielkiej głębokości Morza Bałtyckiego jest mała objętość jego wód, a co za tym idzie, wysoka koncentracja zanieczyszczeń chemicznych, związana z niewielką możliwością ich rozcieńczenia. Położenie Morza Bałtyckiego sprawia, że wymiana jego wód jest bardzo powolna i trwa około 25-30 lat. To z kolei powoduje, że zanieczyszczenia występujące w wodach Bałtyku mogą pozostawać tam przez długi czas, a samo morze staje się pułapką dla różnego typu substancji chemicznych. Sytuację poprawiają jedynie wlewy słonej wody z Morza Północnego.

### 2. ZASOLENIE WÓD BAŁTYKU

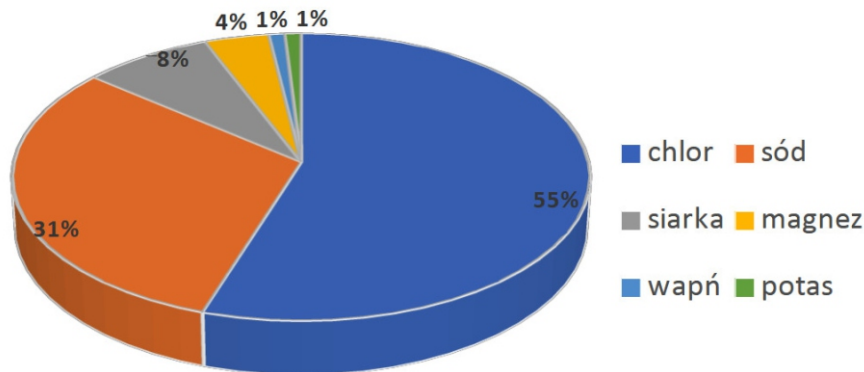
Bałtyk to największy na świecie zbiornik wody **słonawej** – jego średnie zasolenie wynosi **7 PSU**, podczas gdy średnie zasolenie wód oceanicznych jest blisko 5-krotnie wyższe – 35 PSU (PSU to skrót od wyrażenia Practical Salinity Unit, czyli Praktyczna Jednostka Zasolenia. Dawniej zasolenie wyrażano w ‰, czyli g/l, obecnie zasolenie wyraża się także bezjednostkowo). Zasolenie wód bałtyckich nie jest jednolite – najwyższy jego poziom odnotowuje się w Cieśninie Kattegat (15-30 PSU) i w pobliżu Cieśnin Duńskich (10-15 PSU). Maleje ono w kierunku wschodnim i północno-wschodnim, najniższą wartość przyjmując w Zatoce Botnickiej (północna część akwenu) i na wschodzie w Zatoce Fińskiej (poniżej 2-3 PSU). W rejonie Sankt Petersburga (u ujścia Newy) zasolenie spada poniżej 1 PSU, natomiast w Zalewie Szczecińskim i Zalewie Wiślanym zasolenie wód powierzchniowych nie przekracza z reguły 3 PSU.

#### **Powody niskiego zasolenia Bałtyku:**

- wysłodzenie stosunkowo dużą ilością wód opadowych,
- dostawa wód słodkich poprzez rzeki uchodzące do Bałtyku (ok. 250 rzek),
- niskie parowanie (związane z położeniem w strefie klimatu umiarkowanego), w wyniku którego nie wzrasta stężenie rozpuszczonych w wodzie soli,
- utrudniona wymiana wód z Oceanem Atlantyckim, która odbywa się jedynie poprzez Cieśniny Duńskie.

Ponad 99% masy soli morskich i oceanicznych stanowi sześć pierwiastków: chlor (55%), sód (31%), magnez (4%), siarka w postaci  $\text{SO}_4^{2-}$  (8%), wapń (1%) i potas (1%).

Skład pierwiastkowy soli morskich



Źródło: Na podstawie: Położenie i historia. Urbański J., Węśławski J. W: Szymelfenig M., Urbański J. (Red.) 2008. Morze Bałtyckie – o tym warto wiedzieć. Zeszyty Zielonej Akademii. Gdynia.

### 3. WPŁYW NISKIEGO ZASOLENIA NA EKOSYSTEM BAŁTYKU

Niestety, im niższa wartość zasolenia wód morskich, tym wyższa toksyczność metali ciężkich w wodzie. W praktyce oznacza to, że słonawy Bałtyk jest bardziej wrażliwy na zanieczyszczenia metalami ciężkimi niż morza o wyższym zasoleniu. Środowisko Morza Bałtyckiego jest zbyt wysłodzone dla typowej morskiej fauny i zbyt słone dla organizmów słodkowodnych. Zakres 5-8 PSU określany jest w literaturze jako **strefa minimum gatunkowego**. Oznacza to, że Bałtyk ze względu na swoje zasolenie odznacza się **niską różnorodnością gatunkową**. Z drugiej strony słonawowodny charakter Bałtyku pozwala na jednoczesne występowanie w nim różnych grup organizmów, od słodkowodnych po morskie. W wodach przybrzeżnych i wysłodzonych zatokach występują **gatunki słodkowodne**, takie jak okoń. Najliczniejszą grupą bałtyckich organizmów są **gatunki morskie** (jak np. dorsz) o dużej tolerancji na zmiany zasolenia.

Niskie zasolenie Bałtyku sprawia też, że niektóre zwierzęta typowo morskie w nim bytujące osiągają znacznie mniejsze rozmiary niż ich krewniacy w sąsiednim Morzu Północnym. Jest to związane z faktem, że płyny ustrojowe tych organizmów mają większą gęstość niż woda, w której bytują. Ich błony komórkowe działają w kierunku zatrzymania koncentracji soli wewnątrz ustroju, jednak naturalne procesy biochemiczne dążą do wyrównania stężeń. Dochodzi do wnikania wody ze środowiska zewnętrznego do organizmów tych zwierząt, ich komórki chłoną wodę, pęcznieją i w konsekwencji pękają. Aby tego uniknąć, organizmy ograniczają wielkość swojego ciała, zmniejszając tym samym powierzchnię wchłaniania wody. Zjawisko to nazywamy **karleniem**.

## 4. STRATYFIKACJA WÓD MORZA BAŁTYCKIEGO

Bałtyk jest częścią wszechoceanu, jednak jego wody mają znacznie mniejsze zasolenie niż wody oceaniczne. Jest to efektem dopływu wody słodkiej do morza z rzek i deszczu oraz utrudnionej wymiany wody bałtyckiej z oceanem. Sytuacja ta ma ogromny wpływ na kształtowanie się środowiska Bałtyku. Rzadkie wlewy z Morza Północnego są dla naszego morza jak życiodajne zastrzyki. Dostająca się przez Cieśniny Duńskie woda jest bogatsza w tlen i bardziej zasolona, a co za tym idzie – cięższa, dlatego opada na dno. Powoduje to charakterystyczną **warstwowość zasolenia** i gęstości wody w Bałtyku, ale też jej temperatury i zasobności w tlen. Wyróżniamy:

- **wody powierzchniowe** – o temperaturze od 0°C do 23°C (w zależności od pory roku) i niskim zasoleniu; są to wody dobrze wymieszane i natlenione;
- **warstwę pośrednią (haloklinę)**, gdzie odnotowuje się raptowny wzrost zasolenia i gęstości wody. Jest to rodzaj bariery, która utrudnia mieszanie się wód powierzchniowych i głębinowych;
- **wody głębinowe** o w miarę stałej temperaturze ok. 4-5°C i zasoleniu ok. 12-22 PSU (z powodu bariery, jaką stanowi haloklina wody te są słabiej natlenione).

W wodach Morza Bałtyckiego obserwujemy także warstwowość pod względem temperatury ze strefą skoku temperaturowego zwaną **termokliną**. Haloklina stanowi warstwę utrudniającą transport biogenów pomiędzy wodami powierzchniowymi a głębinowymi. Dlatego też de facto haloklina jest także **biogenokliną**, oddzielającą wody powierzchniowe z niższą koncentracją substancji biogenicznych od wód przydennych bogatych w te substancje.

## 5. TEMPERATURA WÓD

Bałtyk jest morzem **chłodnym** w porównaniu z innymi morzami świata, co jest następstwem jego położenia oraz dominującego napływu wilgotnych i chłodnych mas powietrza polarnomorskiego z Atlantyku (cyrkulacja zachodnia). Nad Bałtyk napływają również masy powietrza arktycznego (z północy) i polarnokontynentalnego (ze wschodu). W związku z tym temperatury wód powierzchniowych kształtują się zależnie od pór roku.

Średnia roczna temperatura wód powierzchniowych Bałtyku to około 7,5°C. W okresie letnim temperatura jest niższa niż nad pobliskim lądem (najwyższe temperatury notuje się w południowej części akwenu 17-18°C), jednak przy brzegach temperatura wody może wzrastać nawet do około 23°C. Środkowa część Morza Bałtyckiego nagrzewa się latem do około 15°C, a północna do 12-13°C. W okresie zimowym temperatura wód powierzchniowych jest wyższa niż nad lądem (na otwartym morzu jest to około 2-3°C). Temperatura, jaką osiągają wody Bałtyku w okolicach dna, kształtuje się na poziomie 3-5°C i jest stosunkowo stała.

- Woda w Bałtyku jest więc zdecydowanie **chłodniejsza** w porównaniu z innymi akwenami, a rozkład cząstek organicznych w niej zachodzący jest powolny. Niska temperatura spowalnia szybkość przebiegu różnych reakcji chemicznych, a tym samym utrudnia proces neutralizacji zanieczyszczeń w Morzu Bałtyckim, gdyż proces ich degradacji przebiega wolniej niż w cieplejszych wodach morskich.

**Zlodzenie** Bałtyku pojawia się w miesiącach listopad – maj w północnych i wschodnich częściach akwenu. Dotyczy to więc Zatoki Botnickiej i Zatoki Fińskiej. Południowa część Morza Bałtyckiego charakteryzuje się zlodzeniem niewielkim i krótkotrwałym. Przede wszystkim dotyczy ono Głębi Gdańskiej. W polskiej części akwenu zjawisko zlodzenia występuje zwykle w drugiej połowie stycznia i trwa do początku marca. Wyjątek stanowią Zalewy: Szczeciński i Wiślany (zlodzenie od połowy grudnia do końca marca).

## 6. BILANS WODNY BAŁTYKU

Morze Bałtyckie charakteryzuje się  **dodatnim bilansem wodnym** (czyli przewagą dopływu wód słodkich nad parowaniem). W efekcie jego poziom jest wyższy niż poziom wód oceanicznych o około 30 cm. Należy jednak pamiętać, że w poszczególnych latach obserwuje się duże zróżnicowanie i bilans może znacząco różnić się od średnich z wielolecia.

Średnia roczna wymiana wód kształtuje się w granicach około 1100 km<sup>3</sup>. Składają się na nią:

- przychody (dopływ wód słodkich 670 km<sup>3</sup>, w tym wód rzecznych 470 km<sup>3</sup> i opady 200 km<sup>3</sup>; dopływ wód słonych – wlewy 430 km<sup>3</sup>);
- rozchody (odpływ wód do oceanu 920 km<sup>3</sup> oraz parowanie 180 km<sup>3</sup>).

Do Morza Bałtyckiego uchodzi ponad **250 rzek**, 7 największych prezentuje poniższa tabela:

Lp.	Nazwa rzeki	Przepływ
1.	Newa	82,0 km <sup>3</sup> / rok
2.	Wisła	30,0 km <sup>3</sup> / rok
3.	Dźwina	21,7 km <sup>3</sup> / rok
4.	Niemen	21,3 km <sup>3</sup> / rok
5.	Kemijoki	18,3 km <sup>3</sup> / rok
6.	Odra	17,0 km <sup>3</sup> / rok
7.	Lule	16,2 km <sup>3</sup> / rok

Źródło: Woda słonawa. Urbański J., Węstawski J. W: Szymelfenig M., Urbański J. (Red.) 2008. Morze Bałtyckie – o tym warto wiedzieć. Zeszyty Zielonej Akademii. Gdynia.

## 5. DYNAMIKA WÓD MORZA BAŁTYCKIEGO

Przejawami dynamiki wód Bałtyku są:

- **wahania poziomu wód**, które są związane z różnicą między przychodami a rozchodami wód w bilansie wodnym oraz z wahaniami krótkotrwałymi związanymi z rozkładem ośrodków barycznych nad akwenem, a przede wszystkim ze sztormami.
- **falowanie**. Bałtyk jest morzem o znaczącym falowaniu wywołanym przez wiatr. Fale wiatrowe są wywoływane przez oddziaływanie wiatru na powierzchnię morza. Falowanie jest więc skutkiem różnic w ciśnieniu atmosferycznym. Morze Bałtyckie zalicza się do mórz bardzo niespokojnych. Fale rozwijać się mogą w szybkim tempie, niejednokrotnie w ciągu 1-2 godzin. Fale charakteryzują się znacznym skróceniem i większą stromością w porównaniu do fal oceanicznych. Podczas sztormów fale na Bałtyku osiągają przeciętnie wysokość ok. 4-5 m i mają długość ok. 60-80 m. Maksymalna wysokość fal osiąga nawet 14 m. Przy wietrze nie przekraczającym 4<sup>o</sup> w skali Beauforta bałtyckie fale osiągają nieco ponad 1 m przy długości ok. 25 m.

SKALA BEAUFORTA				
st.	określenie polskie	określenie angielskie	prędkość (m/s)	węzły
0	cisza	<i>calm</i>	0,0-0,2	< 1
1	powiew	<i>light air</i>	0,3-1,5	1-3
2	słaby wiatr	<i>light breeze</i>	1,6-3,3	4-6
3	łagodny wiatr	<i>gentle breeze</i>	3,4-5,4	7-10
4	umiarkowany wiatr	<i>moderate breeze</i>	5,5-7,9	11-15
5	dość silny wiatr	<i>fresh breeze</i>	8,0-10,7	16-21
6	silny wiatr	<i>strong breeze</i>	10,8-13,8	22-27
7	bardzo silny wiatr	<i>near gale</i>	13,9-17,1	28-33
8	sztorm	<i>gale</i>	17,2-20,7	34-40
9	silny sztorm	<i>strong gale</i>	20,8-24,4	41-47
10	bardzo silny sztorm	<i>storm</i>	24,5-28,4	48-55
11	gwałtowny sztorm	<i>violent storm</i>	28,5-32,6	56-63
12	huragan	<i>hurricane</i>	> 32,6	> 63

Źródło: Na podstawie: Szkoła Żeglarstwa i Aktywnego Wypoczynku Dągra. Skala Beauforta.  
<https://zaglegwore.pl/skala-beauforta/> Dostęp: 02.04.2023 r.

- **powierzchniowe prądy morskie** powstają na skutek oddziaływania wiatrów, a w związku z tym wykazują się sporą zmiennością. Jednakże u południowego wybrzeża Bałtyku obserwuje się swoisty układ lokalnych prądów powierzchniowych przemieszczających jego wody. Jego istnienie sprawia, że dochodzi do łatwego przesuwania się materiału skalnego pochodzącego m.in. ze zniszczenia brzegów klifowych. Powstające kosa i mierzeje są wydłużane zgodnie z ruchem prądu powierzchniowego, a zatem w kierunku wschodnim i południowo-wschodnim. Dryf ten przemieszcza się wzdłuż polskiego brzegu Bałtyku z prędkością ok. kilkunastu cm/s w kierunku wschodnim, a następnie północno-wschodnim (Szwecja) i zachodnim (południowa Szwecja) oraz północnym (rejon Danii) – prowadząc do wylewania się nadmiaru wód z Bałtyku do Morza Północnego.

Warto podkreślić, że na Bałtyku występują również:

- **plywy** (przyptywy i odpływy), jednak wahania poziomu wody są w Bałtyku (a szczególnie w rejonie Zatoki Gdańskiej) zaniedbywalnie małe, a co za tym idzie, trudne do zaobserwowania bez specjalistycznego sprzętu pomiarowego: 6-60 cm w Cieśninach Duńskich, ok. 4 cm w Zatoce Gdańskiej, ok. 50 cm w Zatoce Fińskiej. Taki stan rzeczy wynika z faktu, że Bałtyk jest morzem małym także pod względem objętości, jak również z zanikania fali pływowej przy jej przemieszczaniu się z Morza Północnego w okolicach Cieśnin Duńskich.
- **upwelling przybrzeżny** – występuje okresowo i jest związany z występowaniem wiatru zachodniego. W efekcie następuje przemieszczenie wód powierzchniowych. Zgodnie z zasadą zachowania masy wody z większych głębokości wynoszone są ku powierzchni. Cechują się one dużo niższą temperaturą (nawet o 10°C). Dzięki temu zjawisko to jest dużo łatwiej obserwowalne w sezonie letnim. Upwelling występuje m.in. u zachodnich brzegów Bornholmu, w okolicach Kołobrzegu, w rejonie łebskim, wzdłuż zewnętrznych wybrzeży Półwyspu Helskiego, a także w okolicach Połangi wzdłuż litewskiego wybrzeża.

#### **Materiały źródłowe:**

- Bajkiewicz – Grabowska E., Mikulski Z., 1999. Hydrologia ogólna. PWN. Warszawa.
- Cupiał A. 2016. Upwelling na Morzu Bałtyckim – znaczenie i metody detekcji. Tutoring Gedanensis. 1(1) 13-18. Gdańsk.
- Szymelfenig M., Urbański J. (Red.) 2008. Morze Bałtyckie – o tym warto wiedzieć. Zeszyty Zielonej Akademii. Gdynia.
- Żmudziński L. 2004. Morze Bałtyckie. Pomorska Akademia Pedagogiczna w Słupsku. Słupsk.

#### **Netografia:**

- Nasz Bałtyk. Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy: <https://naszbaaltyk.pl/> Dostęp: 14.03.2023 r.
- SatBałtyk: <http://satbaaltyk.iopan.gda.pl> Dostęp: 02.04.2023 r.
- Szkoła Żeglarstwa i Aktywnego Wypoczynku Dagra: <https://zaglegwore.pl/> Dostęp: 02.04.2023 r.