

NASZE MORZE SŁODKO-SŁONE

Bałtyk jest nietypowym słonawym morzem, jego fenomen wynika z równowagi zasolenia uzyskiwanej z dopływów wód słodkich i wlewów wód słonych z Morza Północnego. Stan ten nie jest jednak trwały. Od czego zależy?



Mgr Daniel Rak

jest doktorantem w Zakładzie Dynamiki Morza IO PAN.

Prowadzi badania na temat właściwości fizycznych wody morskiej i procesów w niej zachodzących.

rak@iopan.gda.pl

mgr Daniel Rak

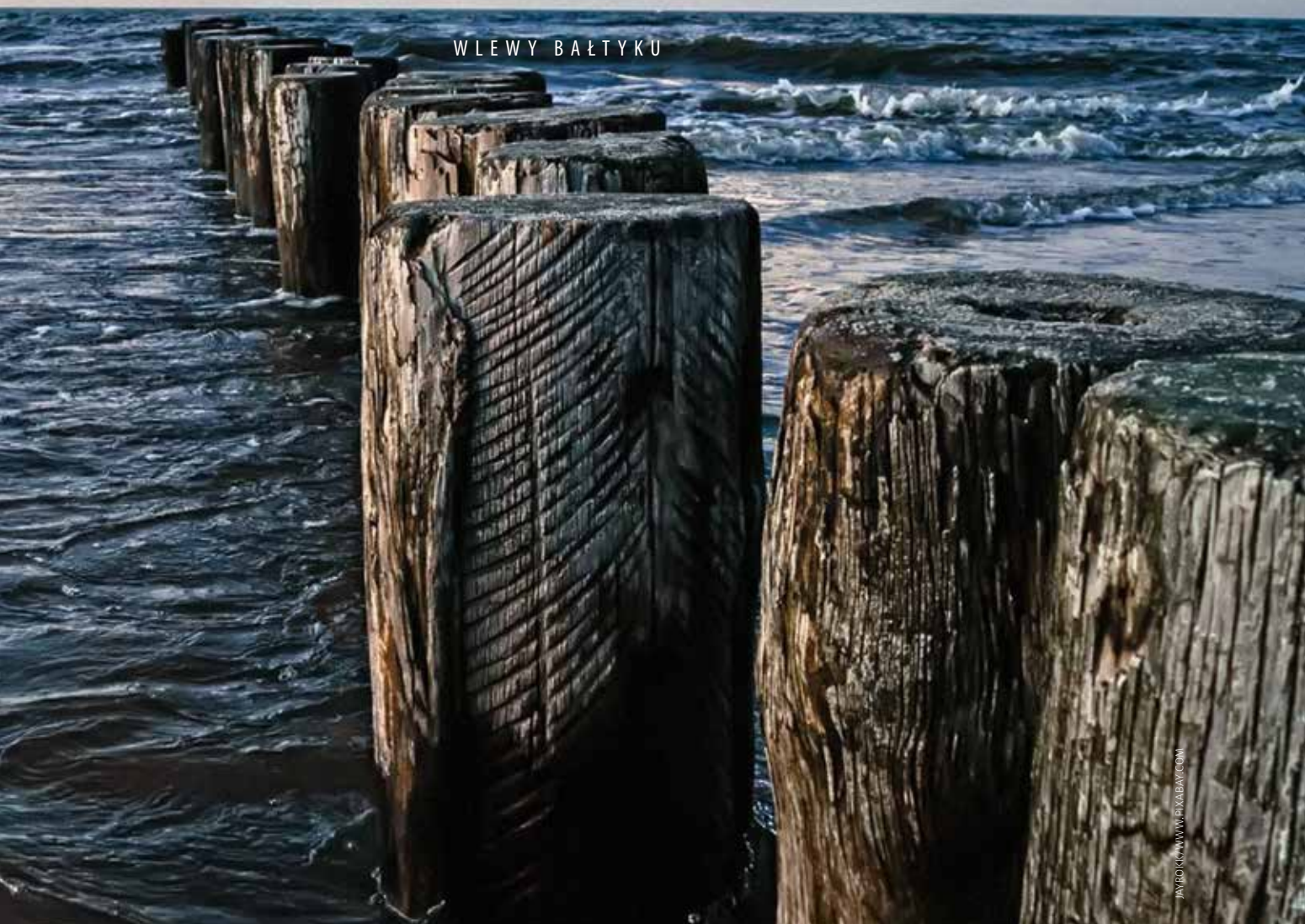
Instytut Oceanologii
Polska Akademia Nauk, Sopot

Średnie zasolenie wód powierzchniowych Bałtyku jest pięć razy mniejsze niż w oceanie – wynosi 7,5 (dawniej zasolenie podawano w PSU, obecnie jest to wartość bezwymiarowa). Jednak warstwa przydenne jest bardziej słona, ilość soli znacznie zmienia się też w zależności od odległości od Cieśnin Duńskich. Przemienne zmiany właściwości fizycznych wody w Bałtyku zwiększają się wraz z głębokością. Podczas gdy powierzchniowe zasolenie w Bałtyku Południowym jest relatywnie stałe, to różnica praktycznego zasolenia warstwy przydennej w Basenie Bornholmskim i Głębi Gdańskiej wynosi 5. Tak duże różnice wynikają ze skomplikowanej struktury dna morskiego, które w znacznym stopniu ograniczają wymianę wód pomiędzy poszczególnymi basenami.

Otwarta granica Bałtyku, jaką są Cieśniny Duńskie, stanowi drogę dla życiodajnych wód z Morza Północ-

nego. Wody te wpływają przez Skagerrak, Kattegat, a następnie przez Mały i Wielki Biełt, w niektórych przypadkach nawet przez Sund. Są mocno zasolone i natlenione. Tlen i sól są niezbędne dla prawidłowego rozwoju ekosystemów morskich. Ponadto tlen jest niezbędny do odświeżenia beztlenowych stref Bałtyku, w których może dojść do wydzielania siarkowodoru. Trasa, jaką pokonują wody słone, przebiega również przez polską strefę. Trasa tranzytowa tych wód prowadzi z Cieśnin Duńskich, przez Basen Arkoński i Bramę Bornholmską, do Basenu Bornholmskiego. Stąd, po przekroczeniu Progu Słupskiego, mocno zasolone wody płyną przez Rynną Słupską i docierają do Głębi Gdańskiej bądź Głębi Gotlandzkiej. Mieszanie wód sprawia, że sól zalegająca najgłębsze obszary dostaje się do warstwy powierzchniowej, skąd dociera do najdalszych zakamarków Bałtyku.

Wpływ zasolenia na ekologię morza widać na przykładzie dorsza. Samica dorsza składa ikrę w warstwie powierzchniowej, lecz ze względu na niską gęstość wody bałtyckiej ikra opada do wód przydennych, w których panują warunki beztlenowe, niekorzystnie wpływające na dalszy rozwój ikry. Tylko okresowo, na skutek napływu gęstych i dobrze natlenionych wód



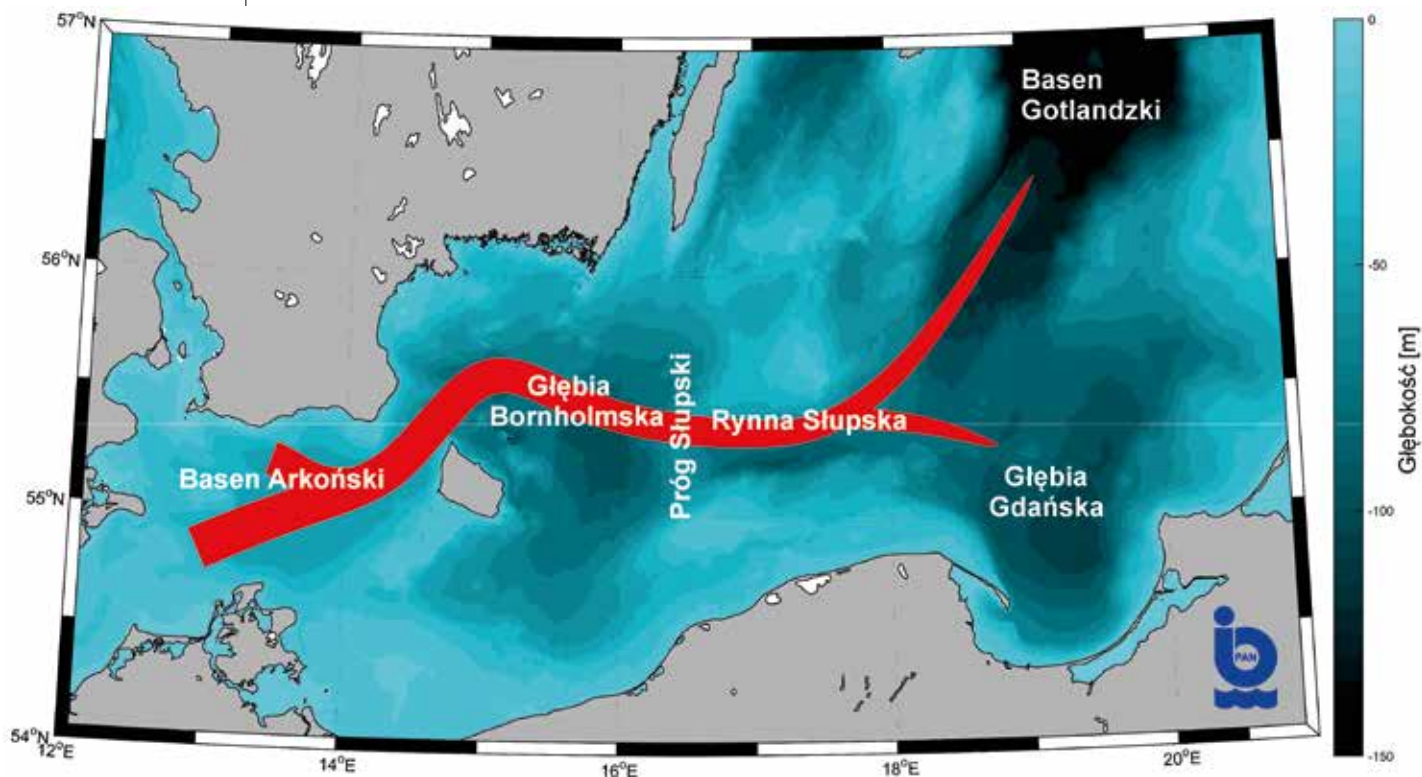
wlewowych, warunki te ulegają zmianie. Kolokwialnie rzecz ujmując, wlew działa tak zbawiennie na morze jak potężny haust powietrza na duszącego się człowieka.

Wodna dynamika

Instytut Oceanologii PAN od lat bada dynamikę wód Bałtyku Południowego. Główną platformą badawczą jest statek RV „Oceania”. To z jego pokładu są wykonywane pomiary procesów dynamicznych takich jak: prądy morskie, wiry czy fale wewnętrzne. Cztery razy w roku prowadzone są rejsy badawcze na trasie głównej, wzdłuż której rozprzestrzeniają się wody wlewowe. Dodatkowo wystawiane są zakotwiczone systemy pomiarowe, w których autonomiczne urządzenia gromadzą serie danych hydrograficznych. W 2017 r. wystawiona została w rejonie Progu Słupskiego boja pomiarowa, która wykonuje pomiary meteorologiczne i oceanograficzne, a uzyskane dane przekazuje drogą satelitarną. Dzięki systematycznym, kompleksowym pomiarom hydrograficznym wykonywanym przez IO PAN zaobserwowano i zmierzono trzy ostatnie wlewy barotropowe. Były one obserwowane w 1993, 2003 oraz 2014 r. Dawniej (1960–1980) wlewy takie

Problem z amunicją

Innym aspektem wlewów jest ich wpływ na rozprzestrzenianie się toksycznych związków uwalnianych z amunicji chemicznej, która została zatopiona w Bałtyku po II wojnie światowej. Bojowe środki trujące (BST) zostały zatopione wraz z amunicją konwencjonalną (w tym: nierozbrojone bomby i pociski artyleryjskie) w tych samych miejscach. W związku z tym istnieje poważne ryzyko wybuchu i rozprzestrzenienia się BST. Głównymi rejonami zrzuć amunicji są obszary Bałtyku Właściwego: Basen Bornholmski, Głębia Gdańska i Głębia Gotlandzka. Są to akweny leżące na głównej osi tranzytowej wlewów. Przydenne pomiary prądów morskich podczas stagnacji międzywlewowej wskazują, że ich prędkość jest wystarczająca do resuspensji osadów, co może przyczynić się do transportu zanieczyszczonych osadów. Dlatego, w celu oceny wielkości obszaru skażonego spowodowanym wyciekami BST, wykorzystano model numeryczny. Przy założeniu stężenia początkowego BST $10 \mu\text{m cm}^{-3}$ i przyjętej granicy świadczącej o skażeniu $0,1 \mu\text{m cm}^{-3}$, obszar, który uległ zanieczyszczeniu w ciągu trzech dni jest rzędu 4 km^2 . Jednak prędkości, z jaką przemieszczają się wody wlewowe, są dwukrotnie większe od założeń przyjętych w modelu, dochodzą do 50 cm s^{-1} , w związku z czym istnieje realne ryzyko, że toksyczne związki chemiczne zostaną przetransportowane nawet w najgłębsze obszary Bałtyku.



Główna oś transportu słonych wód wlewowych z Morza Północnego do Bałtyku.

Chcesz wiedzieć więcej?

Bełdowski J., Klusek Z., Szubska M., Turja R., Bulczak A., Rak D., Brenner M., Langd T., Kotwicki L., Grzelak K., Jakacki J., Fricke N., Östine A., Olsson U., Fabisiak J., Garnaga G., Nyholm J., Majewski P., Broeg K., Söderström M., Vanninen P., Popiel S., Nawala J., Lehtonen K., Berglind R., Schmidt B. (2016). Chemical Munitions Search & Assessment – An evaluation of the dumped munitions problem in the Baltic Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* Volume 128.

Rak D., Wieczorek P. (2012). Variability of temperature and salinity over the last decade in selected regions of the southern Baltic Sea. *Oceanologia*, 54 (3).

Rak D. (2016). The inflow in the Baltic Proper as recorded in January – February 2015. *Oceanologia*, 58 (3), 241–247.

miały miejsce co trzy lub cztery lata, jednak od roku 1993 ich cykliczność się zmniejszyła. Obecnie gęste wody z Morza Północnego pojawiają się w Bałtyku raz na dziesięć lat. W 16-letniej historii pomiarów IO PAN wlew z 2014 r. był jednym z najsilniejszych dotychczas rejestrowanych. Duża gęstość wód wlewowych powoduje, że ich adwekcja odbywa się w warstwie przydennej, wskutek mieszania dyfuzyjnego ich wpływ jest zaś dostrzegalny w całej kolumnie wody.

Przyczyn powstawania dużych wlewów barotropowych należy doszukiwać się w różnicy poziomów wody pomiędzy Bałtykiem a Morzem Północnym. Znacząca różnica poziomów może powstać jedynie wskutek układu barycznego wymuszającego specyficzną cyrkulację atmosferyczną. Czas trwania i nasilenie korzystnego układu wiatrów decyduje o skali wlewu, a jedynie duże wlewy są w stanie odnowić ekosystem Bałtyku. W czasie ostatniego wlewu zimne, gęste wody wypchnęły w Głębi Bornholmskiej beztlenowe wody do warstwy pośredniej. Uniesione w ten sposób wody mogły przepłynąć nad Progiem Słupskim. Wody wlewowe, wypełniwszy nieckę w Głębi Bornholmskiej, mogły podążyć za warstwą beztlenową i w ten sposób spenetrować głębsze obszary Rynny Słupskiej. W konsekwencji już dwa miesiące po rozpoczęciu procesu zwiększone zawartości soli były zaobserwowane w Głębi Gdańskiej. Epizodyczny charakter wlewu sprawia, że tlen bardzo szybko jest wykorzystywany na rozkład materii organicznej. Szacuje się, że wody pochodzące z Morza Północnego pozostają w Bałty-

ku przez około 30 lat do czasu całkowitej wymiany. Jednak zasolenie oraz stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie powraca po wlewie znacznie szybciej do wartości średnich dla poszczególnych basenów Bałtyku Właściwego. Powrót zasolenia do wartości średnich w tym obszarze wymaga od 2,5 do 3 lat, pojawiające się w tym czasie małe wlewy nie mają zaś zasadniczego wpływu na zmianę tego okresu. Ostatni wlew z 2014 r. charakteryzował się nie tylko wysokim zasoleniem, lecz także dużą zawartością tlenu. Jednak już po upływie 9 miesięcy od rozpoczęcia wlewu warunki beztlenowe powróciły do głębin Basenu Bornholmskiego, a po 10 miesiącach do Rynny Słupskiej.

Konsekwencją napływu gęstych wód jest zmiana warunków hydrodynamicznych w warstwie przydennej, a wskutek mieszania pionowego – w całej kolumnie wody. Ma to wpływ na prędkość propagacji sygnału zmian sezonowych temperatury w głąb kolumny wody. Prędkość w warstwie powierzchniowej dla różnych basenów jest zbliżona, jednak wraz z głębokością pojawiają się różnice pomiędzy poszczególnymi basenami. Sygnał temperatury wynikający z sezonowych zmian ilości energii słonecznej dostarczanej do powierzchni morza i warunków wymiany energii pomiędzy morzem i atmosferą najszybciej propaguje się w głąb kolumny wody w Głębi Gdańskiej, gdzie wynosi 37 dni na głębokości 50 m. W Basenie Bornholmskim prędkość tego sygnału wynosi 71 dni.

DANIEL RAK