

## Lodowa Arktyka teraz zanika

Magdalena Chyła

*Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii*

*E-mail: [m.chyla.146@studms.ug.edu.pl](mailto:m.chyla.146@studms.ug.edu.pl)*

tutor: dr hab. Agata Weydmann-Zwolicka, prof. UG

*Uniwersytet Gdański Wydział Oceanografii i Geografii*

*Katedra Biologii Morza i Biotechnologii, Pracownia Biologii Planktonu*

*Słowa kluczowe: Arktyka, globalne ocieplenie, lód morski, niedźwiedź polarny, atlantyfikacja*

**Streszczenie:** Globalne ocieplenie oraz ludzka działalność znacząco zmieniają dotychczas znaną Arktykę. Przez wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze dochodzi do nieodwracalnych zmian środowiskowych, wynikających z ciągle wzrastającej temperatury. Ubytek lodu morskiego daje nowe możliwości w postaci aktywnego korzystania z kanałów żeglownych w tym rejonie, jednak z drugiej strony bardzo szkodzi florze i faunie, np. niedźwiedziom polarnym, które są zmuszone przenieść dotychczasowe życie na stały, twardy ląd. Zagrożeniem jest również atlantyfikacja, przez którą regeneracja lodu morskiego jest niemożliwa, a fauna arktyczna jest wypierana przez gatunki atlantyckie np. dorsza atlantyckiego czy gromadnika. Przed nami ostatnia szansa, aby dać Arktyce możliwość ponownego bycia lodową krainą. Mamy mało czasu, więc należy zacząć działać już dziś.

### Wprowadzenie

Arktyka - kraina wysunięta najbardziej na północ globu ziemskiego. Wbrew pozorom jest to miejsce tętniące życiem: rdzenna ludność, różnorodna flora i fauna oraz dostęp do bezkresnego oceanu. Między innymi te czynniki świadczą o niezwykłości tego miejsca, niestety do tej pory znana nam Arktyka zanika na naszych oczach i z naszej winy.

### Gazy cieplarniane

Powszechnym problemem XXI w. jest globalne ocieplenie, polega ono na wzroście koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze ziemskiej, co prowadzi do podniesienia temperatury powietrza i wód wszechoceanu. Gazy cieplarniane są niezbędne do funkcjonowania życia na Ziemi, dzięki nim średnia temperatura wynosi 15°C (Kurowska i in., 2015). Jednak produkowanie ich w tak ogromnych ilościach od początku ery przemysłowej stwarza ogromne zagrożenie dla planety, które obejmują np. zwiększone ryzyko wystąpienia susz, a w konsekwencji pożarów czy utratę różnorodności biologicznej. Nie tylko susze i pożary, ale zwiększona liczba dni o ekstremalnie wysokich temperaturach, fale ciepła, zanik pokryw lodowych,

zwiększona częstość ulewnych deszczy, silnych wiatrów czy na oceanach cyklonów tropikalnych, morskie fale upałów oraz wzrost zakwaszenia oceanów, co wpływa bezpośrednio na warunki funkcjonowania organizmów morskich i lądowych.

Głównymi przedstawicielami tych gazów są m.in. dwutlenek węgla i metan. Występują one naturalnie w atmosferze. CO<sub>2</sub> jest produktem oddychania organizmów, rozkładu biomasy, ale szczególnie znaczącym źródłem naturalnym są wulkany, podczas wszystkich erupcji w 2019 r. wydobyło się między 280-360 mln ton CO<sub>2</sub> (Borejza, 2021). Naturalnymi źródłami metanu są przede wszystkim podmokłe tereny, mimo że metan stanowi zdecydowanie mniejszy odsetek gazów cieplarnianych to jest aż 28 -krotnie bardziej szkodliwy niż CO<sub>2</sub> (Kamiński i in., 2023). Jednak naturalne źródła tych gazów nie stanowią zagrożenia dla naszej planety. To ludzka działalność podnosi ich koncentrację w atmosferze, przez co m.in. topi się Arktyka.

Ludzie produkują CO<sub>2</sub> w niemal każdym sektorze swojej działalności, przez co szansa na wyeliminowanie lub znaczące ograniczenie produkcji gazów cieplarnianych jest znikoma. Głównymi źródłami szkodliwych gazów są: energetyka i ciepłownictwo, które są również odpowiedzialne za emisję aż 30-35% metanu, drugie miejsce zajmuje przemysł, który dostarcza do atmosfery około 30% gazów cieplarnianych, a podium zamyka rolnictwo, leśnictwo, użytkowanie terenu i jego zmiany, które odpowiadają za 20-25% emisji tych gazów (Pniewski, 2018). Dwutlenek węgla jest emitowany głównie przez spalanie paliw kopalnych, natomiast metan podczas produkcji i transportu ropy, gazu ziemnego oraz węgla. Znaczne ilości metanu są także rozpowszechniane przez hodowlę zwierząt i uprawę ryżu (Sikorska, 2023). Ponadto produkowany jest jeszcze podtlenek azotu oraz gazy oparte na fluorze,

które są też bardzo szkodliwe. Przez źródła antropogeniczne dostawa gazów cieplarnianych do atmosfery jest tak wzmożona, że wprowadziła nieodwracalne zmiany na świecie.

## Skutki zmniejszającej się pokrywy lodowej

W Arktyce obserwujemy powiększenie powierzchni wód otwartych, a zmniejszenie stałej pokrywy lodowej. Ten proces ma przełożenie na dostępność światła do wód pod lodem morskim, a natężenie promieni słonecznych ma znaczący wpływ na żyjące tam organizmy. Przykładem jest arktyczny widłonóg *Calanus glacialis*, którego cykl życia w dużym stopniu zależy od sezonowej dostępności pokarmu (Daase i in., 2021). *Calanus glacialis* potrzebuje około trzech tygodni na rozwój od złożenia jaj do formy żerującej, a cały proces rozwoju jest idealnie wpasowany w sezon kwitnienia w Arktyce. Głównym pożywieniem tych organizmów są glony podlodowe oraz fitoplankton. Podczas najintensywniejszego zakwitnięcia tych pierwszych widłonogi żywią się nimi, tym samym rozpoczynając okres reprodukcji, jedząc algi najwyższej jakości zapewniają potomstwu „zdrowy” start. Po sezonie na glony podlodowe nadchodzi pora na fitoplankton, który jest pożywieniem dla młodych widłonogów. Niestety przez dynamiczne topnienie lodu morskiego zmienia się sezonowość w morskim życiu. Przez wcześniejsze pęknięcie pokrywy lodowej skraca się okres pomiędzy zakwitaniem glonów podlodowych a fitoplanktonem, prowadzi to do braku synchronizacji między rozwojem *C. glacialis* a obfitością w pokarm. Ten proces nie doprowadzi do zagłady *Calanus glacialis*, natomiast znacząco zmniejszy jego populację.

Redukcja biomasy widłonogów przyczyni się do spadku populacji innych zwierząt arktycznych, gdyż te małe skorupiaki są podstawą łańcucha troficznego. Ucierpieć może

między innymi *Boreogadus saida* – dorszyk polarny. Jest to główny przedstawiciel ryb arktycznych i żywi się zooplanktonem, czyli m.in. *Calanus glacialis* (Geoffroy i in., 2023). w niektórych obszarach Arktyki dorszyk polarny przenosi ponad 70% energii między zooplanktonem, a przedstawicielami wyższych ogniw łańcucha troficznego: ssakami morskimi czy ptakami. Jeśli populacja dorszyka polarnego będzie spadać, zabraknie pożywienia dla większych organizmów takich jak *Pagophilus groenlandicus* – foka grenlandzka. Fokami z kolei żywią się niedźwiedzie polarne – *Ursus maritimus*, więc redukcja populacji widłonogów może dotknąć nawet duże ssaki.

## Niedźwiedzie polarne

Motyw rozmarzającej Arktyki głównie kojarzy się z grafikami prezentującymi niedźwiedzia polarnego, który unosi się na krze, płynąc przez bezkresny ocean. Jednak niekończąca się podróż na odłamku lodu nie jest jedynym zmartwieniem niedźwiedzi. *Ursus maritimus* (Ryc.1) jest gatunkiem endemicznym dla Arktyki i zamieszkuje Grenlandię,

kanadyjską część Arktyki, Svalbard i niektóre regiony Rosji (Dobosz i Żmiejwska, 2019). Niedźwiedzie polarne są świetnie dostosowane do warunków panujących w Arktyce. Gęste, długie futro oraz dziesięciocentymetrowa warstwa tłuszczu skutecznie chronią je przed zimnem. Spodnia część łap pokryta jest futrem, a to zapobiega ślizganiu na lodzie. Niestety mimo tych przystosowań nie są one w stanie walczyć ze zmieniającym się klimatem. Niedźwiedzie polarne wyewoluowały z niedźwiedzi brunatnych około 200 000–300 000 lat temu i, jeśli nie mają wyboru, są w stanie się krzyżować (Nuttall i in., 2005). Hybrydyzacja tych dwóch gatunków daje płodne potomstwo, natomiast toczą się spory, czy jest to dobre rozwiązanie. Może jest to kolejny etap ewolucji, a może jednak niebezpieczne zjawisko, które doprowadzi do wyginięcia i ujednoczenia dwóch odrębnych przedstawicieli niedźwiedzi. Niektórzy sugerują (Shafer, 2023), że hybrydyzacja i introgresja jest sposobem na radzenie sobie ze spadkiem jakościowym środowiska oraz może skutkować lepszą adaptacją do nowych warunków środowiskowych.



Ryc.1. Niedźwiedź polarny w Arktyce, zbliżający się do statku badawczego (fot: Agata Weydmann – Zwolicka)

Młode niedźwiedzie będące hybrydami zamieszkują wyspy Banks i Victoria, należące do archipelagu Arktycznego. w 2012.r. dwa niedźwiedzie zostały zauważone również na lodzie morskim w Zatoce Wynniatt na Terytoriach Północno - Zachodnich. Mimo powstałych hybryd odnotowuje się spadek rozrodczości tych zwierząt. Samice powinny odpowiednio przygotować się do wykarmienia młodych, w tym celu muszą mieć dietę obfitą w tłuszcze i białka, aby zapewnić młodym mleko dostarczające wszystkich niezbędnych składników. Ale aby zapewnić pokarm najwyższej jakości, niedźwiedzie polarne powinny żywić się m.in. fokami. Zabijają one fokę zaledwie jednym uderzeniem łapy, ale aby tego dokonać musi nadarzyć się okazja do zbliżenia i zapolowania na fokę. *Ursus maritimus* czai się na swoje ofiary przy granicy kry lub atakuje z ukrycia, gdy np. nerpa obrączkowa (fokowata mieszkająca w Arktyce) wyleguje się na lodzie morskim. Ubytek lodu powoduje niestety znaczące ograniczenie możliwości polowań, przez co niedźwiedzie są skazane na żywienie się zdecydowanie mniej kalorycznymi reniferami, ptakami czy ich jajami (Adamkiewicz i Łęska, 2013).

*Ursus maritimus*, jak sama nazwa wskazuje, jest ssakiem morskim, co oznacza, że podstawę jego diety stanowią zwierzęta morskie. Ze względu na zmieniający się klimat musi się przystosować do zmiany dotychczasowego jadłospisu. Foki stanowią główne źródło energii u niedźwiedzi, lecz dostępność najbardziej potrzebnego rodzaju pokarmu jest zdecydowanie utrudniona, gdyż spędzają one coraz więcej czasu na lądzie. w latach 1986–2013 odsetek samic spędzających lato na lądzie wzrósł z 20% do 39%, a średni czas spędzany na twardym gruncie zwiększył się o 30 dni (Regehr i in., 2021). Zwierzęta te zaczęły jeść jagody (*Vaccinium wiginosum*), mech i inne rośliny oraz małe gryzonie i antropogeniczne odpady. Dieta lądowa nie jest w stanie zaspokoić

wszystkich niezbędnych potrzeb niedźwiedzi, dlatego rozpad lodu morskiego wpłynie niekorzystnie na życie tego ssaka (Shafer, 2023). Okazuje się jednak, że spadek populacji niedźwiedzi polarnych nie jest tak oczywisty. Według TEK (Tradycyjna wiedza ekologiczna Aborygenów) liczba niedźwiedzi polarnych spadła tylko w niektórych regionach, za to w pozostałych miejscach albo utrzymywała się na stałym poziomie lub nawet odnotowano tendencję wzrostową (York, 2016). Zarówno TEK jak i bazy naukowe zgadzają się co do wpływu globalnego ocieplenia na klimat w Arktyce, natomiast odmienne poglądy mogą dotyczyć wpływu zmniejszającej się pokrywy lodowej na przeżywalność niedźwiedzi polarnych. Jest to fakt wyróżniający się na tle pozostałych danych i może skłaniać do ponownego przeprowadzenia badań nad wpływem zmniejszania się pokrywy lodowej na populację niedźwiedzi polarnych. Należy jednak pamiętać, że koncentracja populacji niedźwiedzi w Arktyce nie jest równomierna i w niektórych obszarach może być wyższa niż w pozostałych.

## Atlantyfikacja

Procesem, który również ma znaczący wpływ na faunę oraz grubość lodu morskiego jest atlantyfikacja. Polega na zintensyfikowanym transporcie wód z Oceanu Atlantyckiego na północ do Arktyki. Globalne ocieplenie dodatkowo wspomaga atlantyfikację, przez co wiele gatunków podążając za dużym arktycznym planktonem, np. - *Calanus glacialis*, migruje na północ. Najmniejsi przedstawiciele morskiej fauny w ten sposób „wabią” większe zwierzęta, co skutkuje tym, że ciepłe atlantyckie wody niosą ze sobą pasażerów w postaci ryb, walen i ptaków (Baraniak 2021). Migracja tych zwierząt jest uzasadniona, ponieważ celem wędrówki jest zdobycie większej biomasy pokarmu mniejszym kosztem energetycznym. Atlantyfikacja jest niepożądanym procesem, gdyż gatunki

atlantyckie wypierają arktyczne, a w przyszłości ten proces może doprowadzić do ujednoczenia fauny z dwóch odmiennych środowisk lub nawet wyginięcia niektórych organizmów arktycznych. w przypadku wcześniej wspomnianego bardzo ważnego przedstawiciela arktycznej fauny, dorszyska polarnego, obserwowane jest ograniczenie zasięgu jego występowania na rzecz dorsza atlantyckiego - *Gadus morhua* i gromadnika *Mallotus villosus* (Decamps i in. 2022).

Bardzo poważnym problemem jest roztopianie się lodu morskiego od spodu przez coraz cieplejszą wodę morską. Uniemożliwia to odbudowanie warstwy lodu nawet w sezonie zimowym (Baraniak, 2023). Topnienie Arktyki odbije się na całym świecie, brak lodu nie będzie tylko problemem dla lokalnej fauny, ale stanie się również ogromnym zmartwieniem dla każdego mieszkańca Ziemi. Lód arktyczny jest „tarczą” naszej planety, gdyż odbija ona promieniowanie słoneczne, przez co Ziemia nie nagrzewa się tak mocno i jest w stanie zachować względnie stałą średnią temperaturę. Niestety malejąca powierzchnia lodu sprawia, że coraz mniejszy obszar odbija promieniowanie słoneczne, co zdecydowanie ułatwia nagrzewanie oceanu. z obliczeń wynika, że w latach 1979–2011 albedo Arktyki spadło z 52 do 48% (Błoński, 2014). Tempo, w jakim obszar białej pokrywy Arktyki kurczy się i jest otaczany coraz większą ilością ciemnej wody jest dwukrotnie szybsze, niż dotychczas szacowano (Błoński, 2014).

Dodatkowo wynikiem atlantyfikacji są zmieniające się właściwości fizyczne wody, bo Atlantyk ma wodę wyraźniej cieplejszą i bardziej słoną niż Ocean Arktyczny. Czynniki te mają wpływ na skład fauny arktycznej i przebieg zachodzących procesów fizykochemicznych, takich np. jak zatarcie stratyfikacji kolumny wody, co przyspiesza mieszanie się wód (Baraniak, 2023). Pokrywy lodowe są wielkimi magazynami wody słodkiej,

więc zmieszanie jej z oceaniczną słoną wodą doprowadzi do braku równowagi w środowisku wodnym oraz zawężenia populacji fauny słonowodnej. Topnienie lodu zgromadzonego w lodowcach czy lądolodach tej krainy będzie miało drastyczne skutki, roztopy uwolnią miliony litrów wody, to natomiast doprowadzi do podniesienia poziomu mórz i oceanów, czego efektem będą liczne powodzie. Przez zmianę prądu strumieniowego - jet stream (wiatr, który przenosi z zachodu na wschód olbrzymie masy powietrza w górnej troposferze) będą również skutki w postaci fal upałów w Europie, Azji oraz Ameryce Północnej (Rybski, 2021). w Arktyce odnotowano również coraz częstsze opady deszczu, które w perspektywie lat sześćdziesiątych XXI w. będą częstsze niż opady śniegu (Rybski, 2021). w wyniku procesu atlantyfikacji szacuje się, że Morze Barentsa będzie wolne od lodu między 2060 a 2080 rokiem, ponieważ jest ono najbardziej narażone na ten proces i tam będą zauważalne najintensywniejsze skutki w postaci zmniejszającej się pokrywy lodowej w szybkim tempie. Ciepło oceaniczne, które pochodzi z północnego Atlantyku ogrzewa Morze Barentsa, a to ociepla basen arktyczny. Prognozy wskazują, że atlantyfikacja ma się rozszerzyć na centralny Ocean Arktyczny (Noh, 2024). Pesymistyczna jest pewność, że im więcej arktycznej pokrywy lodowej się stopi, tym trudniej będzie ten proces zatrzymać, a im mniej mamy lodu, tym słabsza jest nasza „klimatyczna tarcza”.

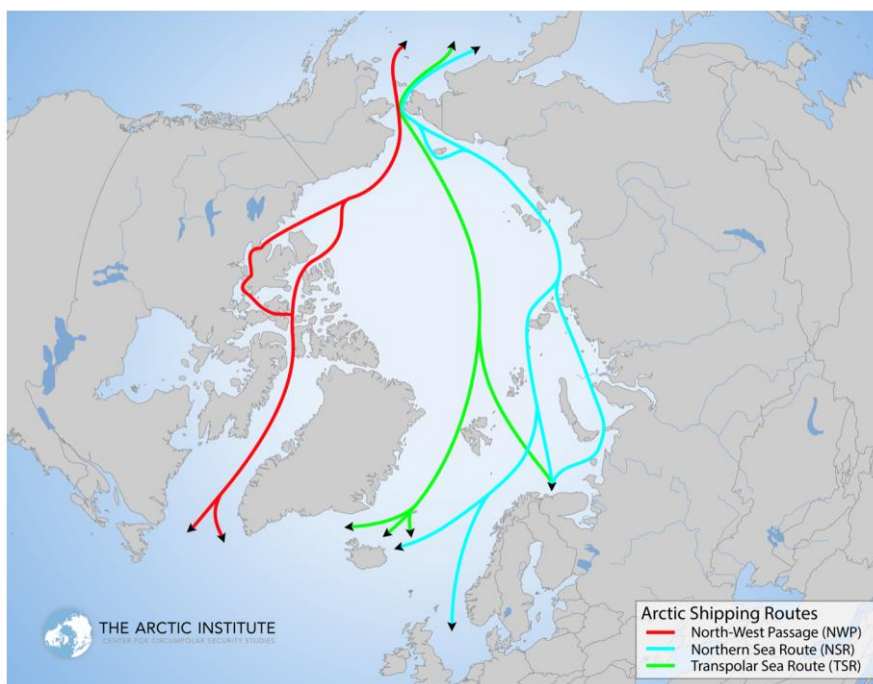
## Drogi morskie przez Arktykę i skutki ich użytkowania

Niestety nie tylko globalne ocieplenie jest zagrożeniem dla Arktyki. Coraz więcej państw otwiera się na nowe możliwości realizacji interesów w tym regionie, ponieważ skrywa on w sobie ogromne ilości złóż naturalnych takich jak ropa naftowa i gaz ziemny, pierwiastki ziem rzadkich i inne ważne minerały

(Kamiński i in., 2023). z racji, że Arktyka należy terytorialnie do kilku państw, jej bogactwa są kością niezgody i podważany jest dotychczasowy system zarządzania tym regionem. Ponadto planowane jest zwiększenie wykorzystania kanałów żeglugowych w Arktyce (Ryc. 2).

Obecnie żeglowna jest „Północna droga morską” – NSR (Northern Sea Route), która przede wszystkim łączy Azję z Europą (Wikipedia 2020), oraz „Przejście północno zachodnie” – NWP (Northwest Passage), z którego korzysta niewiele statków, gdyż w latach 2013–2019 przepłynęło go jedynie 160 jednostek. Przejścia te stanowią zagrożenie dla środowiska (Fallaner, 2024). w planach jest również uruchomienie „Transpolarnego szlaku morskiego” – TSR (Transpolar Sea Route), ponieważ z powodu zaniku pokrywy lodowej wykorzystanie tego kanału jest zdecydowanie łatwiejsze. w 2040 r., wobec spodziewanego zaniku lodu w Arktyce w sezonie letnim, można się spodziewać sezonowego otwarcia TSR (Bennett i in., 2020).

Intensywne korzystanie z wymienionych szlaków żeglownych zwiększy dostępność światła do wód w Arktyce. Efektem tego działania będzie nie tylko dostanie się promieni słonecznych do przestrzeni wodnych, do których wcześniej nie docierało, co przyniesie więcej negatywnych skutków. Budowa kanałów przez Arktykę jest obiecującym projektem pod kątem ekonomicznym, dzięki nim znacząco skrócą się trasy morskich transporterów. Trasa z Yokohamy do Rotterdamu przez Arktykę skróci się z 11 300 mil do 7 600 mil morskich, a czas przejścia z 36 do 26 dni (Humpert, 2011). Planowane otwarcie tej trasy niesie za sobą szereg negatywnych dla Arktyki skutków. Wpłynięcie statku na tereny do tej pory ciche doprowadzi do powstania ogromnego hałasu, do którego tamtejsza fauna nie jest przyzwyczajona (Qi i in., 2024). Nagłe nasilenie się obcych dźwięków wprowadzi dezorientację, stres oraz nieprzewidziane zachowania u wielu organizmów, np. wielorybów czy niedźwiedzi polarnych.



Ryc.2. Kanały żeglowne w Arktyce  
(<https://www.thearcticinstitute.org/future-northern-sea-route-golden-waterway-niche/>)

Dojdzie też do zanieczyszczenia światłem, bowiem płynące statki używają świateł do oświetlenia drogi. Odbija się to na m.in. na zooplanktonie, który na podstawie dostępności światła dopasowuje swoje migracje i zachowanie. Sztuczne oświetlenie wprowadzi niepokój u tych i innych organizmów. Badania wykazały, że nawet organizmy żyjące do 200 m pod wodą odczuwają skutki rażących reflektorów (Qi i in., 2024). Również ptaki będą ofiarami „świateł”, zderzenia z nadpływającymi jednostkami staną się zdecydowanie częstsze niż dotychczas. Już teraz każdej zimy w południowo-wschodniej Grenlandii dochodzi do kolizji około 2000 ptaków ze statkami (Qi i in., 2024). Negatywnych skutków tego projektu będzie jeszcze więcej, z drugiej strony jest to ogromna szansa dla ludzkości do poprawienia bezpieczeństwa oraz prędkości transportu wodnego. Musimy jednak zdawać sobie sprawę, że nie jesteśmy sami i nasze czyny mogą mieć rujnący wpływ na otoczenie.

## Podsumowanie

Arktyka jest wyjątkowym, jedynym w swoim rodzaju miejscem i pełni niewyobrażalnie ważne funkcje dla całej planety. Niestety ilość katastrof naturalnych czy wywołanych działalnością człowieka, które wydarzyły się przez ostatnie lata doprowadzają do chaosu nie tylko w tym rejonie. Liczne pożary w Australii i w amazońskich lasach, aktualne wahania, pogody m.in. skoki temperatury, ilość opadów czy intensywność huraganów są wynikiem ludzkiej działalności. Wydajność wielu ekosystemów spada, liczne obszary zostają zniszczone, co skutkuje niekończącą się wędrówką/migracją zwierząt do niedawna je zamieszkujących. Prowadzi to do nieodwracalnych zmian w środowisku, a organizmy, aby przetrwać, są zmuszone do adaptacji do nowych, zmiennych warunków, tak jak wcześniej wspomniane niedźwiedzie polarne czy *Calanus glacialis*.

Podjęcie decyzji o ratowaniu Ziemi jest koniecznością. Nadszedł ten moment, gdy nie można zrzucić na następne pokolenie obowiązku dbania o planetę, gdyż czasu jest tak mało, że to my powinniśmy wprowadzić skuteczne nawyki i przekazać je następnym pokoleniom. Ucząc i stosując się do zasad, które uratują Ziemię dokonamy jako ludzkość czegoś wielkiego. Warunek jest taki, że trzeba zacząć już dziś. Mimo że wiele czynności będzie dla nas uciążliwych i wymagających, to stosując je od teraz wprowadzimy nawyki, które dla następnych pokoleń będą codziennością. W trosce o planetę powinniśmy brać pod uwagę każdego jej mieszkańca, zaczynając od planktonu, a kończąc na niedźwiedziu polarnym. Nie ma w tym nic dziwnego, że stawiamy siebie na pierwszym miejscu, jednak nie znamy umiaru i przez naszą zachłanność zużywamy wszystkie dobra naturalne. Zamiast konsumpcjonizm doprowadził do uzależnienia u niemal każdego człowieka. Postęp cywilizacji sprawił, że nie jesteśmy w stanie obejść się bez korzystania z gotowych udogodnień i zmiana aktualnego trybu życia byłaby bardzo niewygodna i niedostosowana do przyjętych norm społecznych. Musimy się pogodzić, że byłoby to życie różniące się od tego, jakie aktualnie prowadzimy. Zmiana nawyków na rzecz ratowania Ziemi byłaby skuteczna tylko wówczas, gdyby każdy człowiek zmienił swój konsumpcyjny tryb życia na bardziej przyjazny planecie. Trudno odpowiedzieć na pytanie czy jesteśmy gotowi na radykalne zmiany w naszym pokoleniu. Każdy z nas musi określić, ile jest w stanie zrobić dla polepszenia bytu na Ziemi. Jeśli nasze możliwości kończą się jedynie na segregacji śmieci, to znaczy, że sami nie nadążamy za zmianami, które zainicjowaliśmy. Robienie obowiązkowego minimum już nie wystarczy i należy pójść krok dalej, jeżeli chcemy zachować Arktykę taką, jaką znamy. Los tej krainy leży w naszych rękach, mamy już świadomość jak istotną rolę ona pełni oraz znamy skutki dla Ziemi, jakie

mogą być wynikiem znikającej pokrywy lodowej.

## Literatura:

- Baraniak, J., 2021. *Atlantyfikacja wód subpolarnych*. Pobrane z: <https://klimat-ziemi.pl/atlantyfikacja-wod-subpolarnych/> [dostęp: 12.03.2024]
- Baraniak, J., 2023. *Postępująca atlantyfikacja wód subpolarnych*. Pobrane z: <https://klimat-ziemi.pl/postepujaca-atlantyfikacja-wod-subpolarnych-2/> [dostęp: 12.03.2024]
- Bennett, M., Stephenson, S., Yang, K., i in., 2020. *The opening of the Transpolar Sea Route: Logistical, geopolitical, environmental, and socioeconomic impacts*. Marine Policy, DOI: 104178
- Borezja, T., 2021. *Czy wulkany emitują więcej CO<sub>2</sub> niż ludzie?* Pobrane z: <https://smoglab.pl/wulkany-co2-ludzie-emisja-kto-wiecej/> [dostęp: 4.03.2024]
- Daase M., Berge J., Søreide J., Stig Falk-Petersen i in., 2020. *Ecology of Arctic Pelagic Communities*. (pp.219-259) Chapter 9. DOI: 10.1002/9781118846582.ch9
- Descamps, S., Wojczulanis- Jakubas, K., Jakubas, D., i in., 2022. *Consequences of Atlantification on a Zooplanktivorous Arctic Sea-bird*, Volume 9, DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.878746>
- Dobosz, K., Żmijewska, M., 2019. *Zagrożenia populacji niedźwiedzia polarnego Ursus maritimus z rejonów Arktyki Kanadyjskiej*, Kosmos, Tom 68, numer 3, p.399-408. DOI: [https://doi.org/10.36921/kos.2019\\_2510](https://doi.org/10.36921/kos.2019_2510)
- Geoffroy, M., Bouchard, C., Flores h., i in., 2023. *The circumpolar impacts of climate change and anthropogenic stressors on Arctic cod (Boreogadus saida) and its ecosystem*. Elementa Science of the Anthropocene, DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.2022.00097>
- Humpert, M., 2011. *The Future of the Northern Sea Route - a "Golden Waterway" or a Niche Trade Route*. Pobrane z: <https://www.thearcticinstitute.org/future-northern-sea-route-golden-waterway-niche/> [dostęp: 12.03.2024]
- Kurowska, A., Konopko, R., Świsłocka i in., 2015. *Globalne ocieplenie – przyczyny, skutki oraz zapobieganie zmianom klimatu*. Vol. 6, no. 3. YADDA: bwmeta1.element.baztech-121d923d-245c-4f31-9228-7653662423db
- Nuttall, M., 2005. *Encyclopedia of the Arctic*, Volume 3 O-Z. Fitzroy Dearborn Pub.
- Kyung-Min Noh, Ji-Hoon Oh, Hyung-Gyu Lim i in., 2024. *Role of Atlantification in Enhanced Primary Productivity in the Barents Sea*, Earth's Future, Volume 12, Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023EF003709>
- Regehr, E., Runge, M., Duyke, A., 2021. *Demographic risk assessment for a harvested species threatened by climate change: polar bears in the Chukchi Sea*, Volume 31, Issue 8. DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.2461>
- Rybski, J., 2021. *w Arktyce będzie więcej deszczu niż śniegu. Bardzo zła prognoza dla świata*. Pobrane z: <https://national-geographic.pl/artikul/na-arktyce-bedzie-padac-wiecej-deszczu-niz-sniegu-szybciej-niz-do-tej-pory-przewidywano#nie-dzwiedz-polarny-2> [dostęp:4.05.2024]
- Shafer, C., 2023. *Contribution of hybridization between polar bears and grizzly bears to polar bear extinction*, Wildlife Letters, Volume 1, Issue 4, p.178-193., DOI: <https://doi.org/10.1002/wil2.12024>
- Sikorska, A., 2023. *Przyczyny i skutki zmian klimatu*. Tutoring Gedanensis. 8, 2 (2023), 28–43. DOI: <https://doi.org/10.26881/tutg.2023.2.03>.
- York, J., Dowsley, M., Cornwell, A., 2016. *Demographic and traditional knowledge perspectives on the current status of Canadian polar bear subpopulations* Volume 6, Issue 9 DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.2030>



Xinli Qi, Zhenfu Li, Changping Zhao i in., 2023.  
*Environmental impacts of Arctic shipping activities: a review*. Ocean & Coastal Management (Volume 247). DOI: 106936

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Północna\\_Droga\\_Morska](https://pl.wikipedia.org/wiki/Północna_Droga_Morska) [dostęp: 12.03.2024]

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Przejście\\_Północno-Zachodnie](https://pl.wikipedia.org/wiki/Przejście_Północno-Zachodnie) [dostęp: 12.03.2024]

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Nied%5%BA-wied%5%BA\\_polarny](https://pl.wikipedia.org/wiki/Nied%5%BA-wied%5%BA_polarny) [dostęp: 4.05.2024]

Notka o autorce: *Studentka II roku Oceanografii i stopnia na Uniwersytecie Gdańskim. Interesują ją przede wszystkim odczuwalne skutki zmiany klimatu u organizmów morskich oraz próba adaptacji zwierząt do zmieniającego się świata. Fascynacja wodą zaczęła się od najmłodszych lat, dzięki uprawianiu żeglarsstwa wyczynowego, które dzięki licznym podróżom dało możliwość kontaktu z morskim żywiołem oraz florą i fauną.*