

WPŁYW OCIEPLENIA KLIMATU NA ZMIANĘ ZASIĘGU WYSTĘPOWANIA POKRYWY LODOWEJ

Paula Seweryn, Janusz Adrianek

Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni, paulaseweryn@gmail.com, januszadrinek@onet.pl

STRESZCZENIE

W opracowaniu pochyłono się nad zagadnieniami dotyczącymi wpływu zmiany klimatu na zasięgi występowania lodu w Arktyce. Przez systematyczne topnienie pokrywy lodowej utworzyło się okresowo wodne przejście z Oceanu Atlantyckiego na Ocean Spokojny. Z biegiem lat możliwe jest jego całoroczne utrzymanie. Jedną z konsekwencji tego zjawiska jest tworzenie się i wzrost zainteresowania nowymi szlakami żeglugowymi.

Słowa kluczowe:

Obszar Arktyki, ocieplenie klimatu, topnienie pokrywy lodowej, trasy żeglugowe w Arktyce

WPROWADZENIE

Nigdzie na świecie zmiana klimatu nie jest tak widoczna jak w rejonie Arktyki. Lód na najbardziej na północ wysuniętej części Globu praktycznie topnieje na naszych oczach. Zdaniem części badaczy w ciągu kilkunastu lat nie będzie po nim śladu, a Ocean Arktyczny ze względu na swoje strategiczne położenie i swobodę przepływu stanie się jednym z kluczowych obszarów dla międzynarodowej żeglugi, a co za tym idzie polityki i ekonomii.

ARKTYKA I JEJ GRANICE

Istnieje wiele definicji granicy Arktyki, natomiast wspólnie w tych źródłach pojawia się opis, iż jest to region wokół bieguna północnego, wysunięty najdalej na północ na

kuli ziemskiej. Nazwa pochodzi od greckiego słowa *arktos* oznaczającego „niedźwiedzia”, ze względu na fakt, iż kierunek północny wyznaczano niegdyś z gwiazdozbioru Wielkiej Niedźwiedzicy (z łac. *Ursa Maior*) [1]. Morską część Arktyki stanowi pokryty w dużej części lodem Ocean Arktyczny, który otoczony jest północnymi brzegami Europy, Ameryki Północnej oraz Grenlandii. W rejonie arktycznym znajdują się liczne archipelagi, a do największych należą na przykład Wyspy Królowej Elżbiety, Wyspy Nowosyberyjskie, Ziemia Północna, Nowa Ziemia oraz Svalbard z najpopularniejszą wyspą Spitsbergen. Ocean Arktyczny, Morza Grenlandzkie i Norweskie posiadają szerokie połączenie z Oceanem Atlantyckim, a poprzez wąską Cieśninę Beringa łączy się on z Oceanem Spokojnym, co pokazuje poniższy rysunek 1 [2].



Rysunek 1. Rejon Arktyki

{Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Political_Map_of_the_Arctic.pdf.}

Granice rejonu arktycznego są kwestią umowną i w wielu publikacjach dotyczących Arktyki powierzchnie te definiuje się w zależności od przyjętego schematu. Na rysunku 2 dokonany został podział zasięgów rejonu arktycznego według siedmiu definicji zasięgu Arktyki. Do umownych linii przydzielone zostały numery od 1 do 7.



Rysunek 2. Geograficzny zasięg określony według siedmiu definicji zasięgu Arktyki

(Źródło: Nordic Centre for Spatial Development, rys. Johanna Roto.)

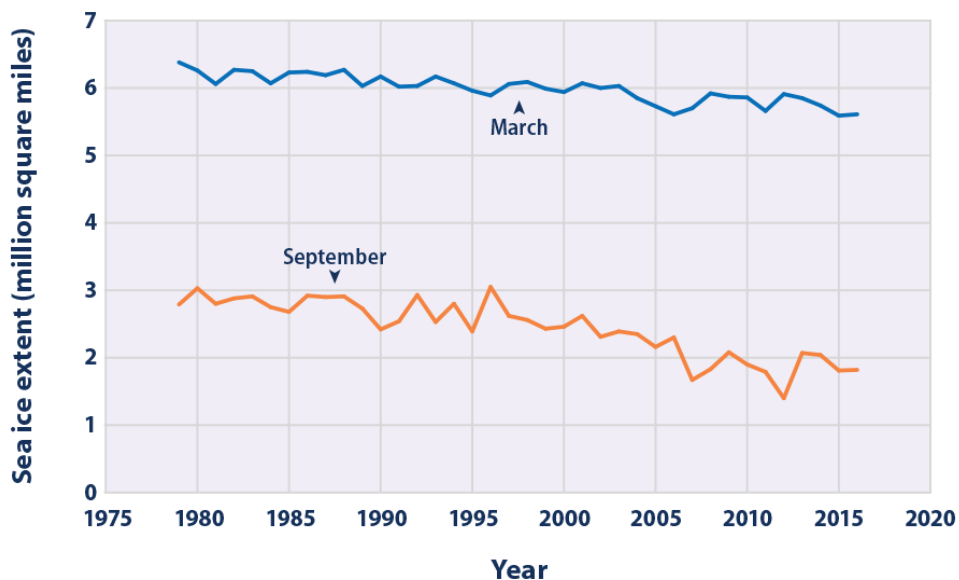
1. Zasięg zasiedlenia przez ludność arktyczną (wg Arctic Human Development Report – AHDR).
2. Arktyczny program monitoringu i oceny (Arctic Monitoring and Assessment Programme).
3. Ochrona flory i fauny arktycznej (Conservation of Arctic Flora and Fauna – CAFF).
4. Obszar powyżej północnego koła podbiegunowego (Arctic Circle).
5. Klimatyczno-ekologiczna izotermy $+10^{\circ}\text{C}$ w lipcu ($+10^{\circ}\text{C}$ July isotherm).
6. Ciągła zmarzlina (continuous permafrost).
7. Zasięg występowania linii lasu (Treeline).

Rejon ten niezależnie od przyjętej powierzchni, charakteryzuje się sezonowymi zmianami pokrywy śnieżnej oraz lodowej co sprawia, że jest ona wyjątkowym ekosystemem. Życie w Arktyce obejmuje zooplankton i fitoplankton, ryby i ssaki morskie,

ptaki, zwierzęta lądowe, rośliny oraz społeczności ludzkie, które musiały przystosować się do ekstremalnych warunków do życia [2].

LÓD ARKTYCZNY, A OCIEPLENIE KLIMATU

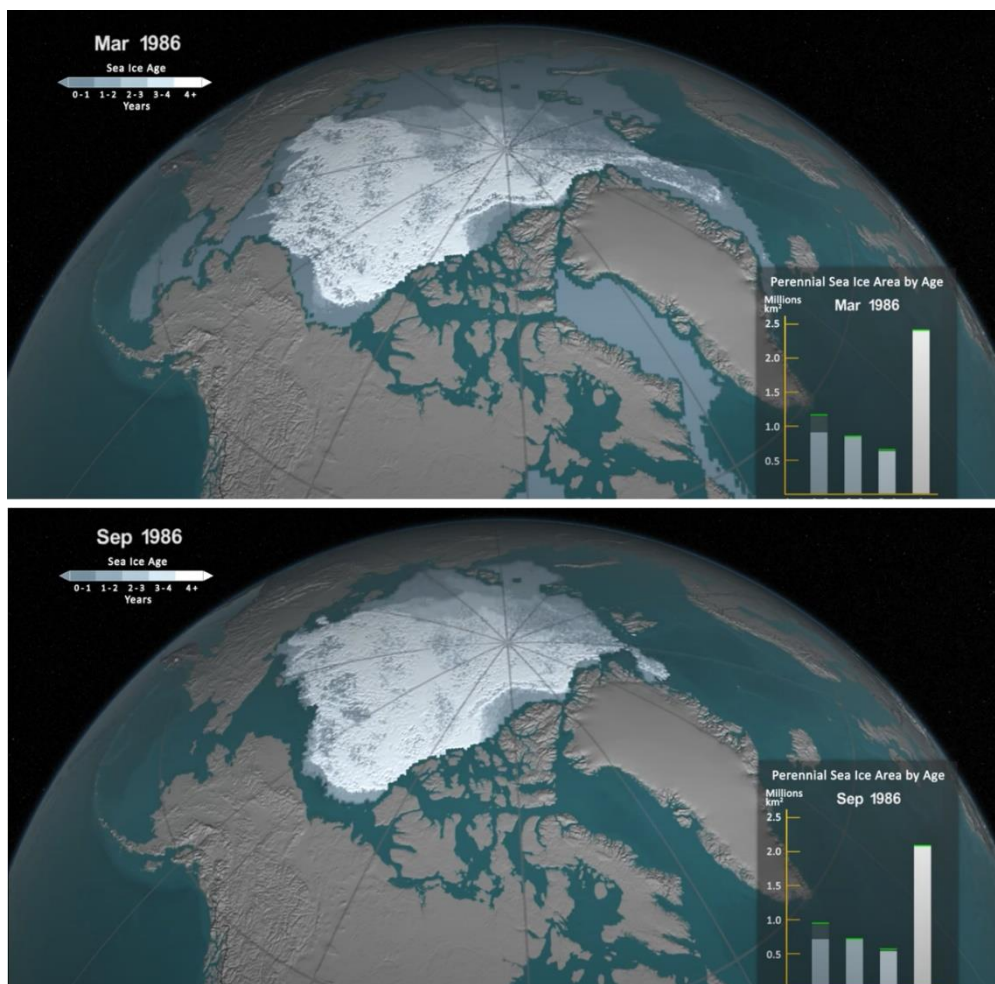
Centrum Arktyki stanowi Ocean Arktyczny (Morze Arktyczne), który w dużej części pokryty jest dryfującym lodem morskim. W roku 1978 rozpoczęto liczne obserwacje oraz pomiary satelitarne, które trwają do dziś i pozwalają na precyzyjne zobrazowanie sytuacji lodowej. Jak zauważono, w ostatnich latach, powierzchnia jaką pokrywa lód arktyczny z roku na rok maleje [3]. Zatrzymanie procesu topnienia lodu w Arktyce może okazać się niezwykle trudne, ponieważ przyczyną tego zjawiska jest zwiększenie się średniej temperatury na powierzchni Ziemi. Według niektórych badaczy lód Arktyczny jest wyznacznikiem stabilności klimatu globalnego a jego zmiany niosą ze sobą ogromne konsekwencję dla życia na Ziemi [4]. Rysunek 3 przedstawia zasięg lodu morskiego w Arktyce od roku 1979, kiedy rozpoczęto monitorowanie do 2016 r. Zasięg lodu morskiego definiowany jest jako obszar oceanu, na którym co najmniej 15% powierzchni pozostaje zamrożone. Wrzesień to okres, w którym zasięg lodu morskiego osiąga swoje roczne minimum po stopieniu wiosną i latem. Marzec natomiast charakteryzuje się najwyższym zasięgiem występowania lodu w skali roku [5].



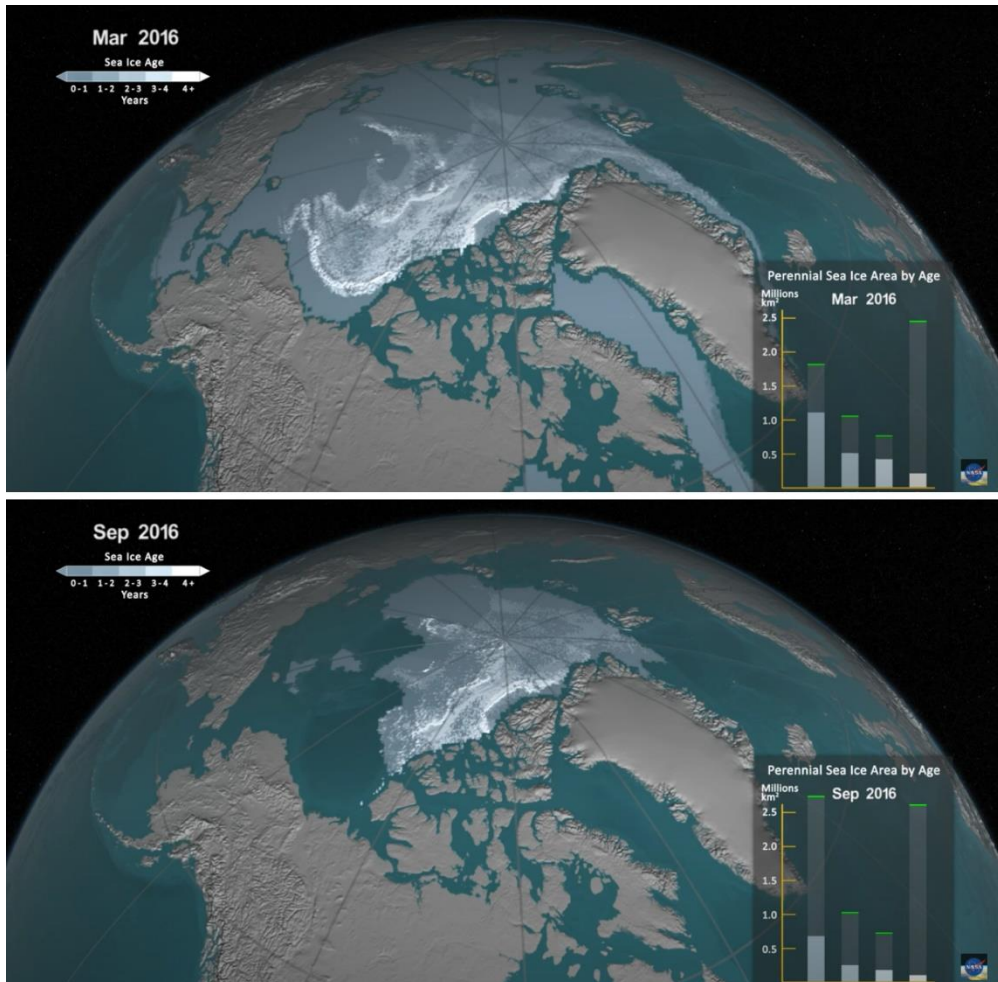
Rysunek 3. Średnia miesięczna powierzchnia lodu w Morzu Arktycznym

(Źródło: http://nsidc.org/data/seoice_index/archives.html.)

Na powyższych wykresach widać tendencję spadkową, jeżeli chodzi o powierzchnię lodu w rejonie Arktyki. Rosnący procent lodu morskiego w tym obszarze jest zaledwie roczny lub liczy dwa lata, wiąże się to z faktem, że pokrywa lodowa przeredza się, co czyni ją bardziej podatną na dalsze topnienie.



Rysunek 4. Wizualizacja powierzchni lodu Arktycznego w roku 1986 w marcu oraz wrześniu
(Źródło: National Aeronautics and Space Administration.)



Rysunek 5. Wizualizacja powierzchni lodu Arktycznego w roku 2016 w marcu oraz wrześniu
(Źródło: http://nsidc.org/data/seaiice_index/archives.html.)

Na zdjęciach satelitarnych (rysunki 4 oraz 5) widać wyraźnie, iż w ciągu 30 lat obszar Arktyczny zmienił się diametralnie. Wieloletnia pokrywa lodowa zmniejszyła swoją powierzchnię.

Ostatni wiek przyniósł ze sobą dynamiczny rozwój przemysłu, a wraz z nim rozwój energetyki oraz spalania paliw kopalnych. W tym czasie do atmosfery przedostały się tony gazów, czyli składników atmosfery ziemskiej, które dzięki swoim własnościom fizykochemicznym mają zdolność zatrzymywania energii słonecznej w obrębie atmosfery ziemskiej. Należą do nich przede wszystkim:

- Para wodna;
- Dwutlenek węgla;

- Podtlenek azotu;
- Metan;
- Freony i inne.

Dalszy wzrost temperatur będzie wiązał się z tzw. cieniem lodowców [5]. W dużym uproszczeniu zjawisko to polega to na odłamaniu od lodowca bloków lodowych, które w kontakcie z wodą o wyższej temperaturze topnieją zwiększając poziom wody, co z kolei zagraża życiu ludzkiemu. Jednakże nie tylko wzrost poziomu mórz i oceanów jest niebezpieczny, w wiecznej zmarzlinie Arktyki od tysięcy lat ukryte są szczątki roślin i zwierząt z okresów zlodowaceń. Jeżeli dojdzie do wydobycia tych pozostałości uwolnione zostaną ogromne pokłady dwutlenku węgla z ich rozkładu tlenowego. Z procesu beztlenowego rozkładu natomiast powstanie metan, który wraz z CO² także zaliczany jest do gazów cieplarnianych. Będzie to kolejny czynnik powodujący wzrost temperatury na kuli Ziemskiej [6]. W ciągu ostatnich dwóch stuleci, poziom dwutlenku węgla w atmosferze wzrósł ze średnio około 285 ppm do ponad 400 ppm, a średnia globalna temperatura planety wzrosła o ponad 1°C [7].

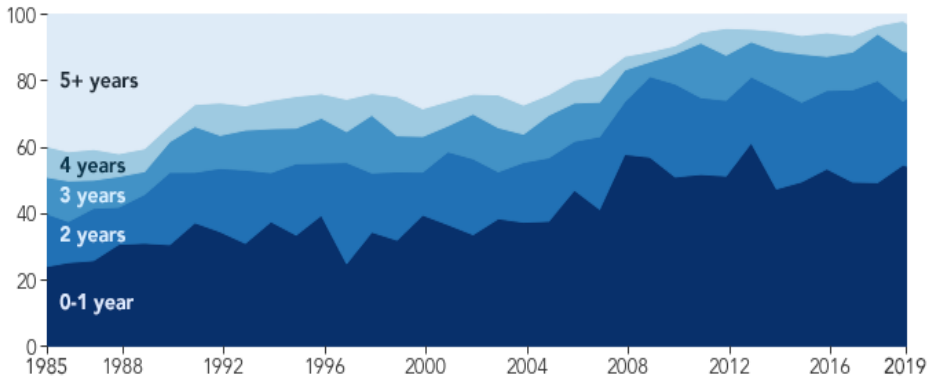
ZMIENNOŚĆ ZASIĘGU WYSTĘPOWANIA POKRYWY LODOWEJ

Zmienność zasięgu występowania pokrywy lodowej stała się zjawiskiem zupełnie nieprzewidywalnym. Naukowcy jeszcze kilkanaście lat temu twierdzili, że lód zniknie pod koniec obecnego wieku - dziś sądzą, że lód zniknie w ciągu kilkunastu lat. Zdaniem Dirka Notza z Uniwersytetu w Hamburgu, nawet jeśli w tym momencie ograniczymy zupełnie wpływ emisji gazów cieplarnianych na poziom przed rewolucją przemysłową to i tak lód w Arktyce będzie w okresie letnim znikał kompletnie, nawet przed 2050 rokiem [16].

Teoretycznie proces powinien wyglądać następująco: każdego lata pokrywa lodowa zmniejsza się, by zimą powrócić do swoich pierwotnych rozmiarów. Jednakże badacze zaobserwowali, że tak się nie dzieje. Oprócz topnienia przez wzrost temperatury wywołany gazami cieplarnianymi swój wpływ na nie ujawniło kolejne zjawisko. Okazało się, że „Arktyka wpadła w błędne koło”. Biała pokrywa, która dotychczas odbijała część ciepła pochodzącego z promieniowania słonecznego teraz odbija go znacznie mniej. Temperatura wzrasta, a akwen, który nie zamarzał absorbuje dodatkowe ciepło, przez to niemożliwe jest jego zamrznięcie w odleglejszym czasie zimowym. W ten sposób „błędne koło” się zamyka. Skutki tego zjawiska przedstawia rysunek 6, przy pomocy procentowego wykresu średniego wieku lodu w Arktyce [14,15].

Not Just Declining, Sea Ice is Becoming Younger

Percent of Ice in the Arctic Ocean by Age (During the First Week of November)

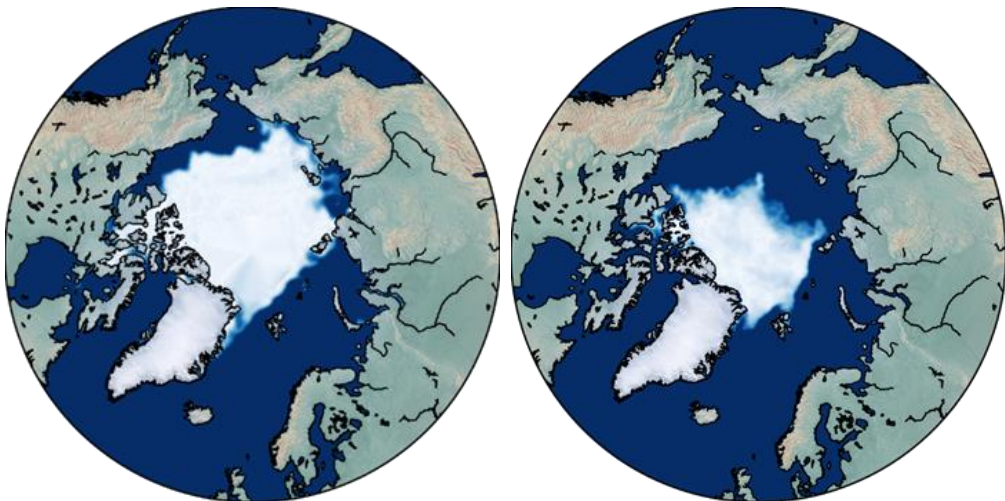


Rysunek 6. Średni wiek lodu w Arktyce na przestrzeni lat

(Źródło: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/147746/the-long-decline-of-arctic-sea-ice?fbclid=IwAR1Tn00Q0AMdpvNQWCS34MwMYEwQJ2I2xhwL8MjJZLUsezT4u7fnwBIM5E.>)

Na podstawie wykresu można stwierdzić prostą zależność. W ciągu niemal 40 lat proporcje zmieniły się diametralnie. Zawartość procentowa młodego, cienkiego lodu pierwszorzecznego obecnie jest większa niż cztery dekady temu lodu starego.

Rysunek 7 schematycznie prezentuje zmianę zasięgu występowania pokrywy lodowej we wrześniu 1979 (strona lewa) oraz 2019 roku (strona prawa).



Rysunek 7. Zmiana zasięgu pokrywy lodowej w ciągu 40 lat

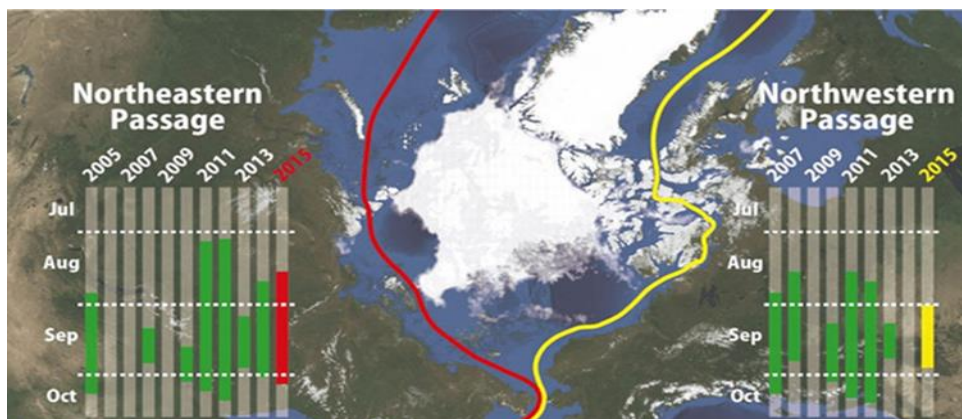
(Źródło: <https://www.cen.uni-hamburg.de/en/about-cen/news/11-news-2020/2020-04-20-sea-ice-notz.html>.)

WPŁYW OCIEPLENIA KLIMATU NA NOWE TRASY ŻEGLUGOWE W ARKTYCE

Ocieplenie klimatu przełożyło się na jeszcze jeden aspekt mający, jak się okazało, olbrzymi wpływ na światową sytuację geopolityczną. Erozja pola lodowego spowodowała odblokowanie tras żeglugowych. Ten element niesie za sobą liczne konsekwencje. Oprócz na pierwszy rzut oka pozytywnych zjawisk, takich jak znaczne skrócenie czasu podróży z na przykład Północnej Europy do Japonii Północną Drogą Morską zamiast przez Kanał Sueski, niesie za sobą skutki zarówno polityczne, prawne jak i postępującą degradację tak wrażliwego środowiska - zarówno przez fakt samej żeglugi, a także otwierającym się możliwościom eksploatacji paliw kopalnych czy górnictwa [8].

Poruszając zagadnienia międzynarodowej żeglugi w tym rejonie warto zauważyć, że wszystkie regulacje są wynikiem porozumień, które powstały zaledwie kilka lat temu. Ruch jednostek cywilnych reguluje głównie Kodeks Polarny z 2017 roku. Nakłada on między innymi na statki dodatkowe, restrykcyjne wymagania dotyczące odpowiednich klas lodowych, nawigacji, bezpieczeństwa, zanieczyszczeń czy zaleceń w obszarze Arktyki szeroko wykraczające poza te, jakie dotychczas spisano w Konwencji SOLAS 1974, MARPOL czy regulacjach IMO [9].

Abstrahując od złożoności tego zagadnienia i jego konsekwencji w poniższej publikacji skupiono się na omówieniu dostępności oraz znaczeniu tras ze szczególną uwagą na przejście Północno - Wschodnie z tytułu jego bliskości względem Polski oraz potencjalnego zainteresowania nim przez flotę wojenną i handlową.

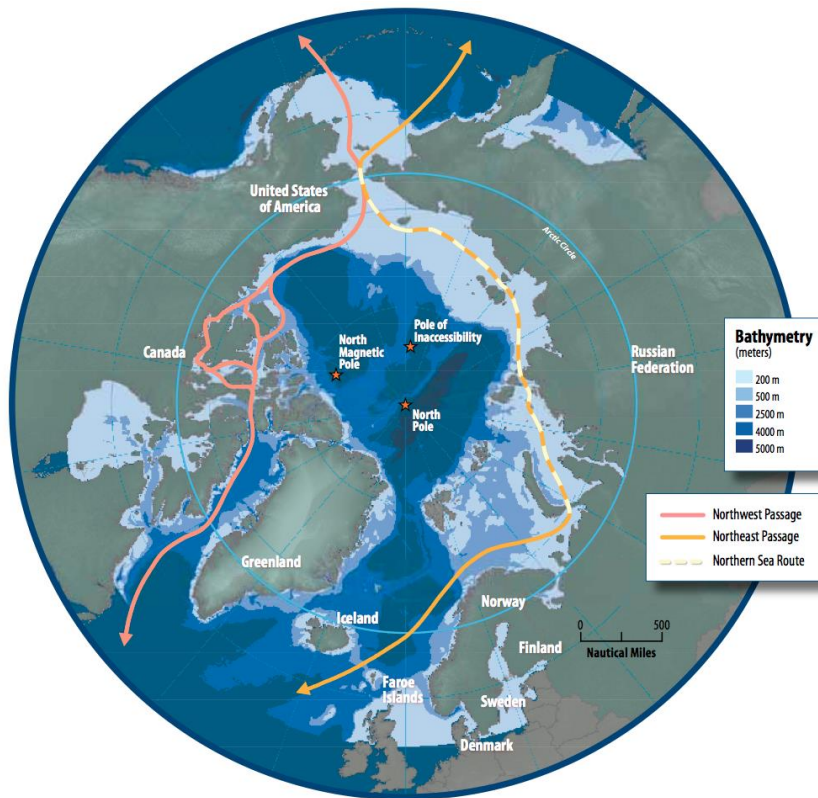


Rysunek 8. Szlaki żeglugowe w Arktyce

(Źródło: <https://www.gospodarkamorska.pl/porty-logistyka-trasy-arktyczne-oficjalnie-otwarte-po-raz-pierwszy-od-2013-r-12239>.)

Obecnie istnieją dwa główne szlaki żeglugowe. Przejście Północno - Wschodnie w tak zwanej rosyjskiej strefie arktycznej oraz Północno - Zachodnie wzdłuż Kanady i Alaski.

Przejście Północno - Wschodnie jest z reguły otwarte dłużej od Północno - Zachodniego. Na rysunku 8 i 9 przedstawiono schematyczny przebieg tras wraz z wykresami ich dostępności [11].



Rysunek 9. Przejście Północno - Wschodnie oraz Północno - Zachodnie

(Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Northwest_Passage.)

Tematyka tras żeglugowych w Arktyce jest stosunkowo nowa. Dopiero w 2005 roku po raz pierwszy otwarto Przejście Północno-Wschodnie. W 2007 roku Przejście Północno-Wschodnie zostało zamknięte, lecz otwarto Przejście Północno-Zachodnie. W 2008 roku obydwa przejścia były dostępne jednocześnie. Nowe trasy łączące Ocean Atlantycki oraz Spokojny skracają tak zwane tradycyjne szlaki transportowe o około 40%. Dzięki temu, w sprzyjających warunkach może to oznaczać, iż wyborem armatorów będzie coraz częściej przejście przez okolice bieguna północnego [12]. Szczególnie obserwowany w ostatnich latach wzrost temperatury zwiększył dostępność dla statków, które nie zostały skonstruowane do służby w warunkach arktycznych. Możliwy stał się tranzyt na przykład kontenerowców. Trasa Północno - Wschodnia była dostępna aż przez 88 dni bez korzystania z lodołamacza [13].

Wymierne w tym przypadku jest niniejsze zestawienie: pomiędzy Jokohamą a Rotterdamem różnica odległości to 14,4 tys. mil morskich trasą wokół Afryki a 7 tys. mil morskich wzdłuż wybrzeża Syberii; pomiędzy portami chińskimi a europejskimi (w Europie Zachodniej) przejścia są krótsze o ok. 20–30% niż te z wykorzystaniem Kanału Sueskiego. To przekłada się to na olbrzymie oszczędności i skrócenie transportu o nawet kilkanaście dni [13].

Północna Droga Morska, licząca ponad 3 tysiące mil morskich łączy Morze Barentsa z Zatoką Beringa. Co najistotniejsze to najkrótsza trasa pomiędzy Europą i Azją. Jeszcze kilkadziesiąt lat temu żegluga w tym rejonie była niemożliwa, lecz teraz, z sezonu na sezon, w związku z postępującym ociepleniem klimatu nie tylko staje się coraz bardziej popularna, lecz ma szansę stać się główną alternatywą. Jak donosi agencja Bloomberg *„Ocieplenie umożliwiło Novatekowi (autor: jeden z największych producentów gazu LPG i LNG na świecie) wysłanie pierwszej dostawy LNG przez Drogę Północną lodołamaczem już pod koniec maja 2020 r. – był to jak dotąd najwcześniejszy start sezonu żeglugowego. Dostawy do Azji kontynuowano jeszcze w styczniu, co sprawiło, że był on we wschodniej Arktyce rekordowo długi”* [10].

Badacze twierdzą, że jeśli sytuacja klimatyczna nie zmieni się, a ocieplenie będzie się zwiększać w tym samym tempie co obecnie, to do 2035 roku Ocean Arktyczny BĘDZIE ZUPEŁNIE POZBAWIONY LODU [7]. W tym przypadku żegluga stanie się niemal otwarta, a przejście nie będzie nawet wymagało asysty lodołamaczy.

Zgodnie z danymi zbieranymi przez Centre for High North Logistics przy norweskim Nord University w 2020 roku z Północnej Drogi Morskiej w tranzycie skorzystano 62 razy. To o 25 więcej niż w roku poprzednim. Natomiast do 9 grudnia 2020 roku z syberyjskiego fragmentu skorzystało 331 jednostek, a w roku ubiegłym - 277 [13]. Wzrosty są zatem znaczące, a spodziewana jest kontynuacja tego trendu.

PODSUMOWANIE

Niełatwo precyzyjnie określić w jaki sposób i z jaką intensywnością lodu w Arktyce będzie ubywać. Nowe trasy żeglugowe mogą stać się wielką szansą dla światowego handlu, lecz także potencjalnym kolejnym zagrożeniem dla klimatu Ziemi. Najbliższe lata obserwacji dadzą odpowiedź na temat przyszłości pokrywy lodowej, a co za tym idzie - całorocznej dostępności Arktyki dla statków.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Addison, Kenneth, *Fundamentals of the physical environment*, 2002.
- 2 <https://epodreczniki.pl/a/arktyka-i-antarktyka---srodowisko-przyrodnicze-ob-szarow-podbiegunowych/DyA7bYc9N> (dostęp 11.02.2021).

- 3 <https://naukawpolsce.pap.pl/taxonomy/term/2428> (dostęp 11.02.2021).
- 4 <https://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news%2C83564%2Cnaukowiec-znikniecie-lodow-arktyki-spowoduje-czestsze-zjawiska-ekstremalne> (dostęp 11.02.2021).
- 5 <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-arctic-sea-ice> (dostęp 11.02.2021).
- 6 <https://www.casfera.pl/ocieplenie-arktyki-wplynie-na-nas-wszystkich/> (dostęp 11.02.2021).
- 7 <https://climatenewsnetwork.net/arctic-heating-races-ahead-of-worst-case-estimates/> (dostęp 12.02.2021).
- 8 <https://www.nato.int/docu/review/pl/articles/2019/06/28/zmieniajacy-sie-ksztalt-bezpieczenstwa-w-arktyce/index.html> (dostęp 12.02.2021).
- 9 <https://www.portalmorski.pl/m-prawo-polityka/30120-nowy-kodeks-polarny-w-2017-roku> (dostęp 12.02.2021).
- 10 <https://www.portalmorski.pl/m-zegluga/47347-bloomberg-transport-cieklego-gazu-z-jamalu-do-azji-przez-wschodnia-arktyke-mozliwy-juz-w-maju> (dostęp 12.02.2021).
- 11 <https://www.gospodarkamorska.pl/porty-logistyka-trasy-arktyczne-oficjalnie-otwarte-po-raz-pierwszy-od-2013-r-12239> (dostęp 15.02.2021).
- 12 <https://cordis.europa.eu/article/id/30252-as-melting-ice-opens-up-arctic-shipping-routes-pollution-and-safety-measures-needed/pl> (dostęp 16.02.2021).
- 13 <https://www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/porty/polnocna-droga-morska-rosnie-ruch-statkow-w-arktyce-74761.html> (dostęp 16.02.2021).
- 14 <https://earthobservatory.nasa.gov/images/147746/the-long-decline-of-arctic-sea-ice?fbclid=IwAR1Tn00Q0AMdpvNQWCS34MwMYEwQJ2I2xhwL8MjIJZLU-sezT4u7fnwBIM5E> (dostęp 16.02.2021).

- 15 <https://noizz.pl/ekologia/nasa-podsumowuje-40-lat-topnienia-lodowcow-statki-bez-problemow-docieraja-na-biegun/19mjcbd> (dostęp 17.02.2021).
- 16 <https://www.cen.uni-hamburg.de/en/about-cen/news/11-news-2020/2020-04-20-sea-ice-notz.html> (dostęp 17.02.2021).

GLOBAL WARMING INFLUENCE ON ICE EXTENT IN ARCTIC REGION

Summary

This article describes main issues connected with global warming that affects ice extent in the Arctic region. Due to systematic decrease of ice coverage new shipping routes are laid out. Passage from the Atlantic Ocean to the Pacific Ocean became possible via the Arctic Ocean. As a consequence, interest about choosing shorter (comparing to traditional one across Europe and Asia) begun to grow.

Keywords:

Arctic Region, Global warming, Ice extent melting, Shipping routes in the Arctic