

## **ABSTRAKT (w języku polskim)**

Osady morskie gromadzą się przez dziesiątki i miliony lat, tworząc nieprzerwane archiwum procesów zachodzących w lokalnym środowisku, np. produktywności biologicznej, zmian temperatury, mas wodnych czy pokrywy lodowej. Zachowując informacje o dawnych warunkach środowiskowych, osady morskie dają doskonały wgląd w klimatyczny i oceanograficzny rozwój Ziemi. Analizy biologicznych, chemicznych i fizycznych właściwości zapisanych w warstwach osadów pozwalają na dokładną rekonstrukcję warunków środowiskowych w przeszłości. Obejmują one zrozumienie takich zjawisk jak zmienność prądów oceanicznych, grubość i zasięg lodu morskiego oraz napływ wód roztopowych powodowany przez procesy deglacjalne. Zapisy te są kluczowe dla zrozumienia w jaki sposób system klimatyczny Ziemi reagował na naturalne uwarunkowania i jak może reagować na ich przyszłe zmiany.

Dla realizacji celów niniejszej pracy pobrane zostały rdzenie osadów morskich w różnych rejonach europejskiej części Arktyki. Prezentowana rozprawa składa się z szeregu badań, które wykorzystują analizy osadów morskich w celu poznania złożonego rozwoju paleoceanograficznego Arktyki europejskiej w okresie późnego glacjału oraz holocenu. Każdy z artykułów składających się na tę pracę dotyczy konkretnego rejonu: północno-wschodniego Morza Grenlandzkiego (artykuł I), szelfu południowo-zachodniego Svalbardu (artykuł II) oraz zachodniej części Morza Barentsa (artykuł III). W celu zbadania dynamiki napływu wody atlantyckiej, epizodów związanych z napływem wód roztopowych czy nagłych zmian klimatycznych, które kształtowały te środowiska przez tysiąclecia, w prezentowanych badaniach wykorzystano kompleksowe badania z użyciem różnorodnych metod.

Nadrzędnym celem prezentowanej rozprawy doktorskiej jest poszerzenie naszej wiedzy dotyczącej paleoceanograficznej zmienności Arktyki Europejskiej w późnym glacjału i holocenie. Ściślej rzecz ujmując, badania miały na celu lepsze zrozumienie przestrzennej i czasowej zmienności warunków środowiskowych panujących przy dnie i na powierzchni morza oraz produktywności morskiej w odpowiedzi na zmiany dominujących mas wodnych, w szczególności na intensywność napływu wody atlantyckiej. Adwekcja wody atlantyckiej jest głównym nośnikiem energii i zasolenia w kierunku północnym i ma kluczowe znaczenie dla procesu głębokiej konwekcji. Dlatego też w badaniach wykorzystano rdzenie osadów morskich z obszarów wrażliwych na zmiany klimatyczne, i będących jednocześnie pod bezpośrednim wpływem wody atlantyckiej (artykuł III) oraz innych mas wodnych (artykuł I oraz II).

Artykuł I oparty został na analizie rdzenia osadów morskich pochodzącego ze stoku kontynentalnego północno-wschodniej Grenlandii. Do tej pory ukazało się zaledwie kilka prac dotyczących napływu wody atlantyckiej do tego obszaru obejmujących dłuższe okresy czasu, podczas gdy większość najnowszych badań koncentruje się na paleoceanografii prądu wschodniogrenlandzkiego nad szelfem północno-wschodniej Grenlandii w okresie ostatnich kilkunastu lat. W konsekwencji, historia napływu wody atlantyckiej do północno-wschodnich wybrzeży Grenlandii w okresie późnego plejstocenu pozostaje w dużej mierze nieznana. Dlatego też badanie to miało na celu poznanie zmian właściwości i intensywności napływu wody atlantyckiej – w szczególności pochodzącej z Powrotnego Prądu Atlantyckiego (ang. Return Atlantic Current, RAC) – oraz związanych z nim zmian na północno-wschodnim szelfie Grenlandii w ciągu ostatnich 35 tysięcy lat. W badaniu tym wykorzystano analizy planktonicznej i bentosowej fauny otwornicowej, frakcji transportowanej przez góry lodowe (IRD), izotopów stabilnych oraz inne metody geochemiczne i sedimentologiczne. Dzięki temu niniejsze badanie dostarcza informacji na temat dynamiki napływu wody atlantyckiej przez RAC w ciągu ostatnich 35 tysięcy lat. Wyraźne sygnały wskazujące na napływ wód roztopowych około 34,5 i 33 tys. lat BP świadczą o topnieniu północno-wschodnich krawędzi lądolodu grenlandzkiego wywołanym przez napływ wody atlantyckiej. Maksimum ostatniego zlodowacenia charakteryzowało się zwiększonym zasięgiem lodu morskiego w północno-zachodnim Morzu Grenlandzkim oraz napływem wody atlantyckiej jako wody podpowierzchniowej do tego rejonu. W efekcie ocieplenia związanego z interstadiem Bølling–Allerød oraz napływu ciepłej wody atlantyckiej, intensyfikacji uległo topnienie lądolodu oraz lodu morskiego, w konsekwencji prowadząc do zwiększenia ilości wód roztopowych w północno-zachodnim Morzu Grenlandzkim. Wielowskaźnikowe zapisy zawarte w tym badaniu sugerują, że stały, silny napływ ciepłej wody atlantyckiej do północno-zachodniego Morza Grenlandzkiego poprzez RAC rozpoczął się dopiero po interstadiu Bølling–Allerød. W okresie od 7,5 do 5,5 tys. lat BP w północno-zachodnim Morzu Grenlandzkim panowały warunki związane z holoceniowym optimum klimatycznym, wskazując na zwiększoną obecność wody atlantyckiej w Cieśninie Fram i maksymalną intensywność RAC i wpływając na warunki paleośrodowiskowe.

Artykuł II dotyczy zmian paleoceanograficznych w okresie holocenu zrekonstruowanych na podstawie rdzenia osadowego pobranego z południowo-zachodniego szelfu Svalbardu. Wcześniejsze badania prowadzone w rejonie zachodniego Svalbardu skoncentrowane były na zmianach dominujących mas wodnych i ich wpływie na środowisko

morskie w holocenie. Badania te nie pozwalały jednak na pełne zrozumienie mechanizmów kontrolujących dynamikę i zasięg lodu morskiego. Prezentowane badanie analizuje fizyczne właściwości osadów, zmienność fauny otwornicowej, geochemię skorupki otwornic bentosowych oraz biomarkery w celu poznania paleośrodowiska południowo-zachodniego szelfu Svalbardu w holocenie. Miejsce poboru rdzenia stanowi naturalną pułapkę sedymentacyjną, w której zdeponowane zostały osady holoceniowe o miąższości 2,3 m, pozwalając na próbkowanie ich z rozdzielczością rzędu dziesiątek do setek lat. W badaniu tym zwrócono szczególną uwagę na dwa aspekty: (1) wpływ interakcji pomiędzy ciepłą wodą atlantycką, a chłodną wodą arktyczną z wnętrza fiordu Hornsund na dynamikę pokrywy lodowej oraz (2) sposób, w jaki te zmiany wpływały na lokalną i regionalną oceanografię i klimat w holocenie. Biomarkery lodu morskiego oraz fauna otwornicowa wskazują na rozległą pokrywę lodową oraz zimną wodę arktyczną pochodzącą z prądu wschodniospitsbergeńskiego w czasie oscylacji preborealnej (11-10,2 tys. lat BP). Warunki panujące pomiędzy 10 i 6,5 tys. lat BP, przypominające holoceniowe optimum klimatyczne, wskazują na zwiększony napływ wody atlantyckiej poprzez prąd zachodniospitsbergeński, który sprzyjał wymywaniu osadów. Chłodne i niestabilne warunki panujące od 6,5 do 3,5 tys. lat BP związane były ze zwiększoną obecnością gór lodowych i ograniczonym wpływem wody atlantyckiej, podczas gdy późny holocen charakteryzował się zmiennym zasięgiem pokrywy lodowej, a także zmniejszonym napływem wody atlantyckiej.

W artykule III prezentujemy zapis osadów morskich obejmujący ostatnie 14,7 tys. lat, pochodzący z dolnej, zachodniej części rowu morskiego Kveithola w północno-zachodnim Morzu Barentsa. Wykorzystaliśmy w nim szereg wskaźników takich jak biomarkery czy metody mikropaleontologiczne w celu jak najpełniejszej rekonstrukcji paleośrodowiska oraz rozpoznania obecności i oddziaływania wypływów wód roztopowych na północno-zachodnie Morze Barentsa. Cztery znaczące epizody wypływu wód roztopowych wywołane procesami deglacialnymi oraz potencjalnymi spływami z jezior lodowcowych lub prądami związanymi z tsunami związane były z gwałtownymi zmianami klimatycznymi. Zdarzenia te charakteryzowały się spadkami temperatury wód powierzchniowych, zwiększonym przyrostem pokrywy lodowej oraz dostawą materiału pochodzenia lądowego. Tsunami związane z osuwiskiem Storegga (ok. 8,2 tys. lat BP) spowodowało remobilizację osadów, ukazując podatność rejonu na ekstremalne zjawiska paleoceanograficzne. Silny napływ wód atlantyckich począwszy od 3,5 tys. lat BP doprowadził do wyraźnej zmiany warunków środowiskowych

związanej z wymywaniem przez prądy drobnoziarnistych osadów i pozostawieniem na szelfie osadów bardziej gruboziarnistych.

Poprzez integrację wniosków płynących z wymienionych badań w różnych rejonach Arktyki Europejskiej, prezentowana rozprawa poprawia nasze zrozumienie zróżnicowanych reakcji środowiska morskiego na zmiany dynamiki wody atlantyckiej, epizody napływu wód roztopowych oraz fluktuacje klimatyczne w kluczowych okresach późnego glacjału i holocenu. Wnioski te uwypuklają złożone zależności pomiędzy procesami oceanograficznymi i zmianami środowiska w Arktyce Europejskiej na przestrzeni tysiącleci, dostarczając istotnego kontekstu dla zrozumienia obecnych i przyszłych zmian klimatycznych w tym wrażliwym na zmiany rejonie.