

*„Horizontal variability of aerosol optical properties over the European Arctic”*

Celem rozprawy doktorskiej jest określenie zmian w atmosferze Arktyki Europejskiej poprzez określenie poziomej struktury fizycznych właściwości aerozoli atmosferycznych w obszarze Svalbardu, co jest istotne w dalszych rozważaniach nad zmianami klimatu w regionie, ponieważ aerozole bezpośrednio i pośrednio wpływają na radiację słoneczną.

Tezą badawczą pracy jest to, że w okresie ponad 10 ostatnich lat, nastąpiły zmiany w koncentracjach oraz rodzaju aerozoli atmosferycznych, jakie występują w rejonie Europejskiej Arktyki, oraz, że ich własności optyczne różnią się pomiędzy rejonami Svalbardu. Zostało założone, że aby w pełni opisać aerozole atmosferyczne w badanym rejonie, należy rozpoznać ich rodzaj, czyli podzielić je na cząstki pochodzenia naturalnego i antropogenicznego, oraz, że należy rozpoznać ich źródła pochodzenia. Ponadto oszacowano czy w okresie ponad 10 ostatnich lat właściwości optyczne aerozoli atmosferycznych w badanym obszarze ulegają zmianie, także sezonowo, co ma pośredni wpływ na zmienność bilansu radiacyjnego w regionie, tym samym na zmiany klimatu.

W badaniach aerozolowych to właśnie lokalizacja stacji ma znaczący wpływ zarówno na zróżnicowanie mas powietrza, jak i różnice w rozmieszczeniu aerozoli. Analizie zostały poddane trzy obszary zlokalizowane na lądzie, obejmujące stację Hornsund w południowej części wyspy, Longyearbyen w części środkowej oraz Ny-Ålesund na północy, natomiast we wschodniej części cieśniny Fram, na zachód od wyspy Spitsbergen przeanalizowano wyniki z pomiarów przy użyciu technik fotometrycznych. Przeprowadzona została analiza wszystkich dostępnych baz danych (fotometryczne, lidarowe, satelitarne i modelowe) wraz z danymi meteorologicznymi.

Obszar Spitsbergen jest narażony na wszelkie wpływy z całej półkuli północnej dlatego jest idealnym i bardzo ważnym miejscem do połączenia aktualnych i archiwalnych obserwacji nad aerozolami. Elementem dodatkowym jest analiza zanieczyszczonych mas powietrza docierających zimą i wiosną oraz latem do Arktyki, które znacznie obniżają widzialność - tzw. zamglenie (ang. Arctic Haze), oraz letnie przypadki pożarów lasów kanadyjskich lub wybuchy wulkanów. Kluczowe jest również udowodnienie znaczenia mas powietrza docierających w regiony polarne z umiarkowanych szerokości geograficznych (Euroazja, Ameryka, Afryka) wraz z zanieczyszczeniami pochodzącymi z procesów przemysłowych.

Powszechnie wiadomo, że klimat Arktyki ulega stałym przekształceniom. Raport ACIA wykazał, iż wartość zmiany temperatury w Arktyce jest dwa do trzech razy większa w stosunku do zmiany wartości globalnej. Tylko w ostatnim stuleciu wzrost temperatury Arktyki jest większy od wzrostu średniej globalnej (na podstawie raportu IPCC). Potwierdzeniem zmian klimatycznych jest między innymi zanikająca pokrywa lodowa Arktyki, zanikanie lodowców i wiecznej zmarzliny oraz funkcjonowanie elementów biotycznych ekosystemu. Kluczową rolę w zmianach klimatu Arktyki odgrywa atmosfera i jej składniki, a pozycję lidera, w tym aspekcie, przypisuje się właśnie aerozolom atmosferycznym.

Klimat badanego obszaru jest uważany za bardzo wrażliwy na wszelkie zmiany w atmosferze i towarzyszącej mu bardzo dużej niepewności w efekcie aerozolowym, w wymuszeniu radiacyjnym, głównie z powodu zmian natężenia promieniowania słonecznego, zróżnicowanemu odbiciu od powierzchni i niejednorodności przestrzennych.

Zmienne warunki pogodowe, sezonowe zmiany natężenia promieniowania słonecznego, wysokie albedo powierzchni i mocno zanieczyszczone masy powietrza pochodzenia kontynentalnego czynią Arktykę podstawowym miejscem badań nad zmianami klimatycznymi. W strefie tej nie występują ponadto źródła aerozoli antropogenicznych, wynikających z lokalnej działalności człowieka, jednak cząsteczki takie mogą dotrzeć w arktyczne rejony z umiarkowanych szerokości geograficznych (Euroazja, Ameryka, Afryka) i pozostawać tu długi czas.

W wyniku szczegółowych analiz, także modelowych, przeprowadzonych w ramach niniejszej dysertacji, można sformułować następujące pięć głównych wniosków:

1. Wpływ aerozoli atmosferycznych na stan atmosfery w rejonie Europejskiej Arktyki zależy przede wszystkim od napływu aerozoli naturalnych i antropogenicznych z obszarów oddalonych od badanego rejonu, np. Syberii, Kanady czy Europy. Wpływ źródeł lokalnych jest zanedbywalnie mały, ze względu na niewielką ilość źródeł aerozoli antropogenicznych.
2. Zaobserwowano wieloletnią zmienność własności optycznych aerozoli w Arktyce Europejskiej w okresie 2000-2015. Miesięczne średnie AOD wykazały rosnący trend i lokalne maksima. Ogólny średni wzrost wyniósł z 0.07 do 0.11. Wzrost w Ny-Ålesundzie wyniósł od 0.07 do 0.11, natomiast w Hornsundzie od 0.08 do 0.12, a największy wzrost odnotowano w Longyearbyen z 0.05 do 0.12.
3. Najbardziej wysunięta na północ stacja (Ny-Ålesund) wykazała najniższe średnie wartości AOD zarówno w analizach rocznych, sezonowych, jak i miesięcznych. Podobne, lecz nieco wyższe wartości zaobserwowano w Longyearbyen. Najniższe i najbardziej kontrastowe wyniki, w porównaniu do dwóch pozostałych stacji, otrzymano w stacji Hornsund, najdalej wysuniętej na południe.
4. Letnie przypadki napływu aerozoli atmosferycznych w rejon Svalbardu, w efekcie np. spalania biomasy, na skutek pożarów kanadyjskich, staje się dominującym elementem aerozolowego efektu bezpośredniego (wpływ na bilans radiacyjny) w badanym rejonie. Tym samym dotychczasowy dominujący efekt, czyli wiosenne zamglenie arktyczne staje się mniej istotne w tym bilansie.
5. Zmiany klimatyczne w Arktyce są silnie związane z obecnością aerozoli atmosferycznych, szczególnie tych pochodzących z ekstremalnych zjawisk przyrodniczych (pożary, erupcje wulkanów) oraz pochodzenia antropogenicznego.