

Piotr Markuszewski

*„Strumienie aerozolu morskiego w przywodnej warstwie atmosfery
w rejonach południowego Bałtyku oraz europejskiej części Arktyki”*

Główna hipoteza rozprawy jest następująca: stan rozwoju falowania wpływa na strumienie aerozolu w przywodnej warstwie atmosfery, dlatego wiek fali jako parametr opisujący ten stan powinien być jedną z głównych wielkości użytych do wyznaczania funkcji źródłowej emisji aerozolu z powierzchni morza. Funkcje źródłowe niezbędne są do oszacowania ilości soli morskiej wynoszonej do atmosfery.

Sól morską emitowaną z powierzchni mórz i oceanów jest bardzo ważnym elementem systemu klimatycznego. Znacząco wpływa na bilans radiacyjny poprzez bezpośredni efekt aerozolowy oraz pośrednio jako aktywne jądra kondensacji kropeł w chmurach. Oszacowanie strumienia kropeł wody morskiej oraz dokładne sparametryzowanie ich pionowego transportu w procesie turbulentnej dyfuzji ma ogromne znaczenie dla wielu gałęzi nauk geofizycznych. Spośród nich wymienić można: teorię falowania i oceanografię fizyczną (wpływ kropeł na tarciowość wiatru), chemię (nukleacja oraz generacja aerozoli wtórnych) i fizykę atmosfery (jądra kondensacji, fizyka chmur, regionalne i globalne modele klimatu, bilans radiacyjny, strumienie ciepła odczuwalnego oraz utajonego).

Różne czynniki w różny sposób mogą wpływać na siłę strumienia kropeł emitowanych z powierzchni wody w zależności od regionu pomiarowego, pomimo tych samych procesów fizycznych rządzących pionowym transportem aerozolu. Warunki panujące w akwenie Morza Bałtyckiego, które jest zamkniętym morzem słonawym, w oczywisty sposób różnią się od warunków panujących na Oceanie Atlantyckim. Większość badań *in situ*, obszernie omówionych w literaturze naukowej, była prowadzona w rejonach oceanicznych. Zestawienie pomiarów wykonanych tymi samymi metodami na obszarze dwóch różnych akwenów może uwydatnić znaczenie nierozpatrywanych wcześniej parametrów.

W pracy zaprezentowano wyniki długoletnich obserwacji strumieni aerozolu oraz warunków meteorologicznych z pokładu statku badawczego s/y Oceania. Obserwacje prowadzone były na południowym Morzu Bałtyckim oraz na Oceanie Atlantyckim w rejonach mórz nordyckich (Morze Norweskie, Morze Grenlandzkie). W tym opracowaniu wykorzystano dane z rejsów bałtyckich z lat 2011–2017 oraz rejsów atlantyckich z lat 2009–2017.

Podczas rejsów prowadzone były gradientowe pomiary koncentracji aerozolu za pomocą laserowego licznika cząstek. Na podstawie zmierzonych gradientów koncentracji aerozolu wyznaczono turbulentne strumienie cząstek w przywodnej warstwie atmosfery. W niniejszej pracy po raz pierwszy przedstawiono dokładne omówienie niepewności pomiarowej, jaką obarczona jest metoda gradientowa.

Obraz warstwy granicznej uzupełniają wyniki pomiarów parametrów turbulencyjnych dokonywanych metodą kowariancji wirów za pomocą zestawu złożonego z anemometru akustycznego oraz analizatora gazowego. Analiza wyników pozwoliła też na wstępne określenie skali wpływu ruchów statku na pomiary przeprowadzone za pomocą tej metody.

Obliczone strumienie aerozolu zestawione zostały z parametrami z modeli WAM oraz HIROMB, które pobrano z ogólnie dostępnych baz danych Europejskiego Centrum Prognoz Średnioterminowych (ERA-interim) oraz modelu Instytutu Morskiego w Gdańsku - PIB (BalticBottomBase). W pracy zbadano zmienność strumieni aerozolu od następujących parametrów: prędkości wiatru, okresu piku widma, gradientu temperatury (różnicy pomiędzy

temperaturą wody oraz powietrza), wieku fali, parametru zmienności wiatru i prędkości tarcia.

Strumienie, w zależności od rozkładu rozmiarów cząstek, sklasyfikowano jako sumę trzech rozkładów log-normalnych w zakresie 0,5–47 μm . Taki podział pozwala na dokładniejszy opis zmienności strumieni w zależności od wielkości cząstek. Nie istniało dotąd takie opracowanie dotyczące strumieni cząstek dotyczące regionu Morza Bałtyckiego.

Wyznaczone zależności oraz zmienność strumieni w zależności od wszystkich wymienionych parametrów zostały szczegółowo przeanalizowane. Zauważono wpływ wieku fali na strumień emisji. Zauważono wyraźne różnice w intensywności strumieni aerozolu w zależności od tego, czy w dłuższym okresie wiatr malał, czy wzrastał. W związku z tym zaproponowano nowy parametr określający zmienność wiatru. Przy pomocy tego parametru dokładniej można opisać wielkość emisji aerozolu. Pokazano, iż w warunkach młodego falowania (niskie wartości wieku fal) całkowite strumienie aerozolu mogą być nawet o dwa rzędy wielkości wyższe niż podczas falowania rozwiniętego.

Wyznaczone zostały funkcje źródłowe emisji aerozolu z powierzchni Morza Bałtyckiego w zależności od prędkości wiatru i rozmiaru cząstek (trójmodalny rozkład log-normalny) dla dwóch reżimów falowania – młodego oraz rozwiniętego.

Porównanie wyznaczonej funkcji źródłowej z wynikami pomiarów wykazało, że oszacowanie emisji aerozolu dla starego falowania na Morzu Bałtyckim jest zgodne z wynikami pomiarów na Oceanie Atlantyckim. Tym samym wykazano, iż wiek fali powinien być uwzględniany w parametryzacjach strumieni aerozolu oraz że użycie go jako parametru pozwala na wyprowadzenie uniwersalnej funkcji niezależnej od regionu pomiarowego, co stanowi nowość w tego typu badaniach.

Przeprowadzone badania potwierdziły słuszność głównej hipotezy rozprawy. Powinny one być kontynuowane w celu osiągnięcia jeszcze lepszego zrozumienia procesów wpływających na strumienie aerozolu nad sfalowaną powierzchnią morza. Nierozpoznany pozostaje wpływ martwej fali na strumienie. Pomiędzy falowaniem młodym a rozwiniętym obserwuje się stan przejściowy, charakteryzujący się największym rozrzutem wyników, który utrudnia parametryzację. W celu lepszego zrozumienia tych procesów konieczne jest kontynuowanie pomiarów podczas rejsów oraz stosowanie w badaniach danych modelowych z lepszymi rozdzielczościami przestrzennymi i czasowymi.