

Wstęp, cele i zakres badań

Od wielu lat aerozol atmosferyczny jest przedmiotem badań naukowców na całym świecie. Znany jest jego bardzo istotny wpływ na bilans radiacyjny systemu powierzchnia Ziemi - atmosfera, na klimat całego globu ziemskiego oraz zdrowie ludzi. Jednak wiele aspektów tego oddziaływania wciąż nie zostało zbadanych i opisanych. Jednocześnie, wraz z wciąż postępującym rozwojem cywilizacji (przemysł oraz transport) zmieniają się przestrzenne rozkłady czasowe aerozolu oraz jego skład i właściwości fizyko - chemiczne. Pogłębianie aktualnego stanu wiedzy o aerozolu atmosferycznym wymaga zatem poznania jego pochodzenia, zrozumienia i scharakteryzowania wpływu różnych czynników na jego transport w atmosferze w skali globalnej i regionalnej oraz modyfikację opisu jego właściwości fizycznych i chemicznych.

W atmosferze przeważnie występuje mieszanina różnych rodzajów cząstek np. siarczanów, węglanów, cząstek mineralnych czy soli morskiej. Każdy z tych rodzajów cząstek posiada odmienne właściwości rozpraszająco - absorpcyjne. Rozkład czasowo - przestrzenny aerozolu atmosferycznego jest trudny do scharakteryzowania między innymi z powodu krótkiego czasu życia cząstek i silnego zróżnicowania geograficznego obszarów źródłowych aerozolu. Zawartość aerozolu w kolumnie atmosferycznej oraz zmienność właściwości optycznych cząstek w znacznej mierze uzależniona jest od dynamiki parametrów stanu atmosfery: wilgotności powietrza, prędkości i kierunku wiatru. Prędkość wiatru jest czynnikiem wywierającym znaczny wpływ na generację i efektywny transport aerozolu w atmosferze (Graham i in. 2003, Lamel i in. 2003, Rapti 2005). Na transformację własności optycznych aerozolu wpływa także wilgotność, która może modyfikować skład chemiczny cząstek oraz zmieniać rozkład ich rozmiarów (Panchenko i in. 2004, Terpugowa i in. 2004). Kierunek wiatru może być traktowany jako parametr informujący o kierunku napływu mas powietrza, który ma istotny wpływ na pochodzenie cząstek i co za tym idzie decyduje o pierwotnych właściwościach aerozolu (Birmilli i in. 2001, Formenti i in. 2001, Zhang i in. 2003, Xia i in. 2009, Fleming i in. 2012).

Związane z tą tematyką są liczne publikacje i opracowania naukowe, z których część (m.in. Smirnov i in. 1995, Kuśmierczyk - Michulec i Rozwadowska 1999, Kuśmierczyk - Michulec i Marks 2000, Kuśmierczyk - Michulec i in., 2001a, 2001b, Carlund i in. 2005, Kuśmierczyk - Michulec 2009) odnosi się bezpośrednio do rejonu Morza Bałtyckiego. Przeanalizowano w nich m.in. sezonową zmienność zależności właściwości optycznych aerozolu nadbałtyckiego od czynników atmosferycznych dla wiatrów z sektora północnego i południowego, odpowiadających różnym typom mas powietrza napływającego nad Bałtyk (Kuśmierczyk - Michulec i Rozwadowska 1999) oraz zmienność właściwości optycznych aerozolu w zależności od składu chemicznego (Kuśmierczyk - Michulec i in. 2001a, Kuśmierczyk - Michulec i in. 2001b). Analizowano również (Smirnov i in. 1995) właściwości optyczne aerozolu przy napływie nad Morze Bałtyckie arktycznych i polarnych mas powietrza (zarówno morskich jak i kontynentalnych). Przedstawione rezultaty były jednak osiągnięte na podstawie danych

pochodzących głównie z krótkookresowych kampanii pomiarowych, często w ograniczonym przestrzennie rejonie badań. Uniemożliwiło to autorom przeprowadzenie analiz dotyczących sezonowości czy rozkładów przestrzennych badanych charakterystyk i zależności.

Cele pracy

Wobec powyższych faktów celem głównym pracy było przeanalizowanie wybranych właściwości optycznych aerozolu występującego w atmosferze nad Morzem Bałtyckim oraz scharakteryzowanie i wyjaśnienie przyczyn ich sezonowej zmienności. Osiągnięcie celu głównego było możliwe poprzez realizację następujących celów szczegółowych:

- 1) określenie zakresów zmienności właściwości optycznych aerozolu;
- 2) zbadanie sezonowych zmian właściwości optycznych aerozolu na stacjach położonych w różnych rejonach;
- 3) porównanie właściwości optycznych aerozolu występującego nad Bałtykiem z właściwościami typowego aerozolu morskiego i kontynentalnego strefy umiarkowanej;
- 4) badanie wpływu kierunku i prędkości adwekcji powietrza na właściwości optyczne aerozolu nad Bałtykiem;
- 5) analiza wpływu lokalnych warunków meteorologicznych na właściwości optyczne aerozolu znajdującego się w atmosferze nadbałtyckiej.

Wnioski

Przeprowadzone analizy wykazały, że:

- 1) obserwowane właściwości optyczne aerozolu w atmosferze nadbałtyckiej wykazują duże zróżnicowanie. I tak np. dla stacji Gotland wieloletnie średnie miesięczne wartości grubości optycznej $AOT(500)$ wahają się w granicach od wartości najmniejszej $\langle AOT(500) \rangle_{10,1999-2003} = 0.084 \pm 0.013$ obserwowanej w październiku do największej $\langle AOT(500) \rangle_{4,1999-2003} = 0.223 \pm 0.009$ obserwowanej w kwietniu. Natomiast nachylenia widm AOT przyjmują wartości z zakresu od $\langle \alpha(440,870) \rangle_{10,1999-2003} = 0.71 \pm 0.04$ zanotowanej w październiku do $\langle \alpha(440,870) \rangle_{7,1999-2003} = 1.60 \pm 0.01$ w lipcu.
- 2) sezonowe zmiany właściwości optycznych aerozolu są zróżnicowane i zależą od lokalizacji stacji. Charakteryzują się one zwykle dwumodalnym rozkładem grubości optycznej $\langle AOT(500) \rangle$ w rejonie Bałtyku, podobnie jak na stacjach kontynentalnych;
- 3) właściwości optyczne aerozolu występującego nad Bałtykiem różnią się od takich właściwości typowych dla aerozolu morskiego i dla aerozolu kontynentalnego strefy umiarkowanej i stanowią ich wypadkowy efekt. W sezonie letnim ich wartości wskazują na dominację nad Bałtykiem aerozolu pochodzenia kontynentalnego, zaś wiosną i jesienią na przeważający wpływ lokalnego aerozolu morskiego;
- 4) kierunek i prędkość adwekcji powietrza (pośrednio, poprzez przemieszczanie się mas powietrza nad różnymi obszarami źródłowymi) w znacznym stopniu determinuje właściwości optyczne aerozolu

nad Bałtykiem. Wyjaśniają one ponad 30% wariancji aerozolowej grubości optycznej AOT(500) dla stacji Gotland. Właściwości optyczne aerozolu zależą także od występowania lub braku opadów wzdłuż trajektorii napływającego powietrza. Obecność opadu na drodze trajektorii kontynentalnych (szczególnie w ciągu dwóch i trzech dni przed dotarciem nad stację) powoduje oczyszczenie atmosfery objawiające się np. niskimi wartościami grubości optycznej AOT(500) na Gotlandii;

5) wpływ analizowanych czynników meteorologicznych (prędkości wiatru i wilgotności względnej) na właściwości optyczne aerozolu nad Bałtykiem jest zróżnicowany:

- prędkość wiatru wpływa głównie na nachylenie widm aerozolowej grubości optycznej $\alpha(440,870)$, natomiast jej wpływ na wartość aerozolowej grubości optycznej jest statystycznie nieistotny,
- wpływ wilgotności względnej na aerozolową grubość optyczną i parametr Ångströma jest widoczny jedynie w przypadkach jednorodnych tj. tła aerozolowego z najniższymi wartościami AOT(500) oraz wysokich stężeń aerozolu siarczanowego, natomiast dla pozostałych przypadków jest maskowany przez wpływ innych czynników.