

Analiza danych satelitarnych

Krzysztof Markowicz

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Czas trwania: 45 minut

Poziom szkoły: gimnazjum, liceum

Materiały i przyrządy: wyniki pomiarów satelitarnych ze strony internetowej www.polandaod.pl

1. Wstęp

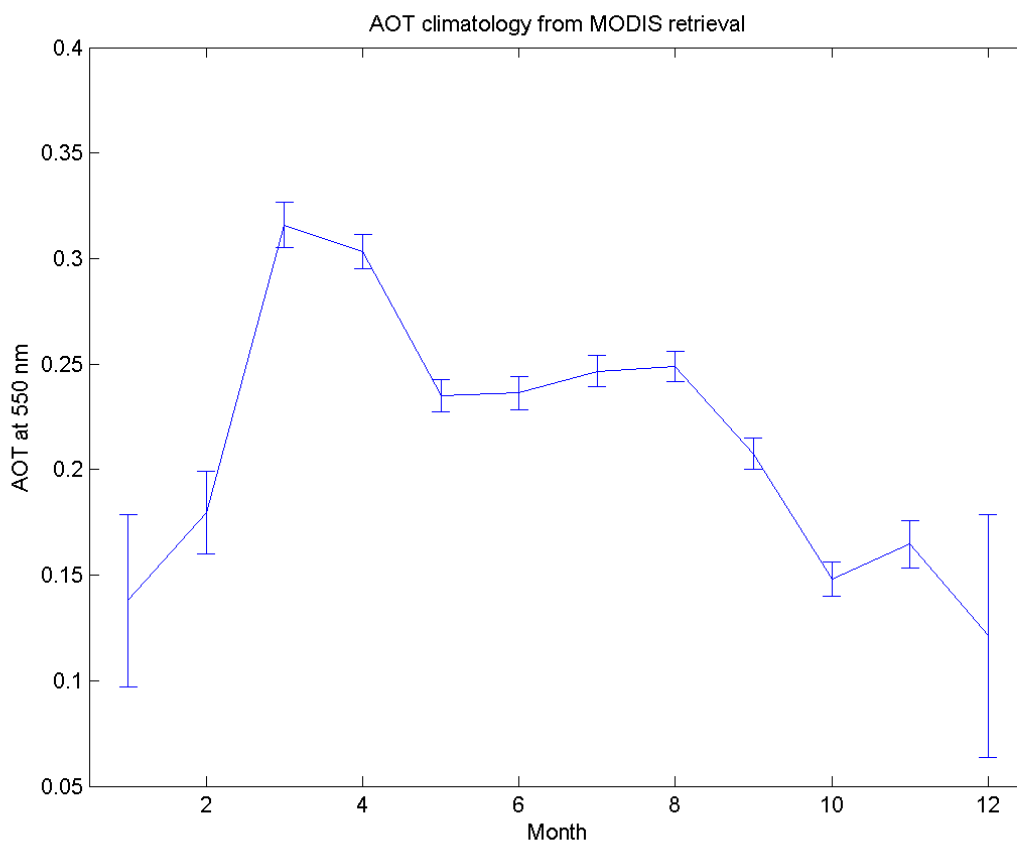
Pomiary satelitarne są jednym z najważniejszych źródeł informacji o stanie atmosfery w tym stopniu zanieczyszczenia powietrza. Pomiary prowadzone z pokładu satelitów umożliwiają określenie stopnia zanieczyszczenia powietrza w skali całego globu, co jest niemożliwe na podstawie punktowych pomiarów prowadzonych na powierzchni ziemi. Obserwacje satelitarne pozwalają analizować rozprzestrzenianie się aerozoli emitowanych podczas pożarów, burz pisakowych jak również aerozoli emitowane przez przemysł lub systemy ogrzewania. Globalny monitoring aerozoli prowadzony jest już ponad 30 lat. W początkowym etapie, prowadzone były jedynie obserwacje aerozoli nad oceanami, a od prawie 15 lat prowadzi się je również nad lądem. Detekcja zanieczyszczeń powietrza nad powierzchniami lądowymi jest znacznie trudniejsza i prowadzi do większych błędów pomiarowych w porównaniu do pomiarów oceanicznych. Z tego względu obserwuje się systematyczny progres w rozwijaniu nowych technologii satelitarnych jak i metod przetwarzania informacji, które mają za zadanie monitorowanie aerozoli w skali globu z coraz lepszą dokładnością.

2. Analiza cyklu rocznego grubości optycznej

Na podstawie obserwacji wykonanych przez detektor MODIS [1] umieszczony na satelicie Terra i Aqua przeprowadzona będzie analiza zmian grubości optycznej aerozoli w ciągu roku. W tym celu wykorzystane zostaną dane pomiarowe za okres od roku 2000 o rozdzielczości przestrzennej 10x10 km. Dane dla każdego obszaru badawczego dostępne są na stronie internetowej www.polandaod.pl w postaci plików tekstowych zawierających informacje o

średnich miesięcznych oraz średnich klimatycznych wartościach grubości optycznej aerozoli w analizowanym okresie czasu. Na podstawie średnich klimatycznych wykonujemy wykres zmian rocznych grubość optycznej aerozoli np. w programie Excel oraz wyznaczamy średnią roczną wartości grubości optycznej. Wartość tę porównujemy do średniej grubości optycznej nad lądem, która wynosi 0,19, zaś nad oceanami 0,13. Na podstawie uzyskanego wykresu cyklu rocznego grubości optycznej aerozoli (patrz przykładowy ryc. 1) przeprowadzamy następującą analizę:

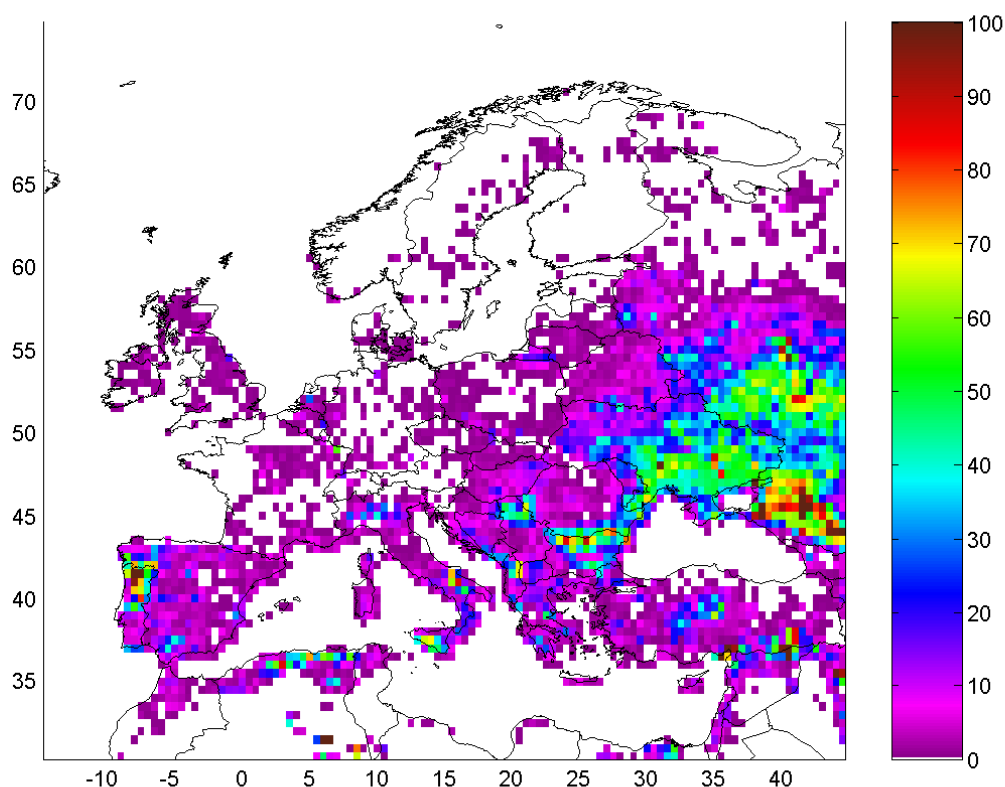
- określamy miesiące występowania największego i najmniejszego zanieczyszczenia powietrza
- przeprowadzamy dyskusję na temat przyczyn występowania w określonym okresie maksimów i minimów grubości optycznej
- określamy roczną amplitudę zmian



Ryc. 1 Przebieg roczny średniej miesięcznej wartości grubości optycznej nad Polska w okresie 2000-2011 uzyskany na podstawie detektora satelitarnego MODIS. Pionowe linie oznaczają błąd pomiarowy, który w okresie zimy ze względu na pokrywę śnieżną oraz duże zachmurzenie jest największy.

3. Analiza częstotliwości pożarów

Pomiary satelitarne są doskonałym źródłem informacji o miejscach występowania pożarów oraz kierunkach ich rozprzestrzeniania. W tym celu wykorzystuje się detektory termalne, które umożliwiają pomiar temperatury powierzchni ziemi w zakresie podczerwonym. Obszary objęte pożarami mają znacząco wyższą temperaturę, co pozwala w łatwy sposób monitorować zagrożone obszary. Z tego względu najlepiej do tego celu nadają się satelity geostacjonarne, które w sposób regularny oraz z dużą rozdzielczością czasową (ok. 15 minut) pozwalają monitorować znaczne obszary naszego globu. Wadą w tym przypadku jest dość niska rozdzielczość przestrzenna, która w Polsce wynosi ok. 5x5 km. Tym samym jedynie obszary objęte pożarami, które obejmują znaczne obszary mogą być zarejestrowane przez satelitę. W przypadku satelitów polarnych mamy do dyspozycji lepszą rozdzielczość przestrzenną, ale znacznie

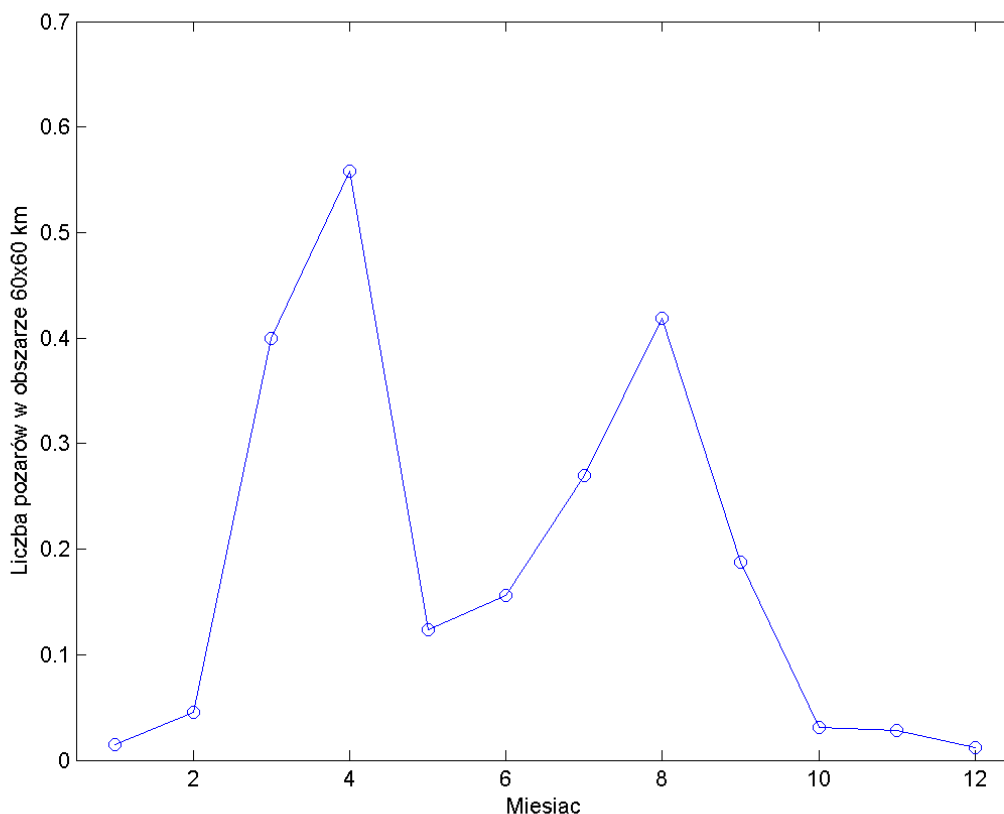


Ryc.2 Średnia liczba pożarów obserwowanych na obszarze 60x60 km

gorszą rozdzielczość czasową (3-4 przeloty na dobę). W celu analizy częstotliwości występowania pożarów w rejonie Polski posłużymy się detektorem MODIS i danymi o rozdzielczości przestrzennej 1x1 km [2]. Ryc. 2 przedstawia

Średni rozkład przestrzenny liczby pożarów zarejestrowany w pikselu 60x60 km na obszarze Europy. Wynika z niego, że najwięcej pożarów notuje się we wschodniej Europie oraz w Portugalii. W rejonie Polski liczba pożarów jest stosunkowo niewielka.

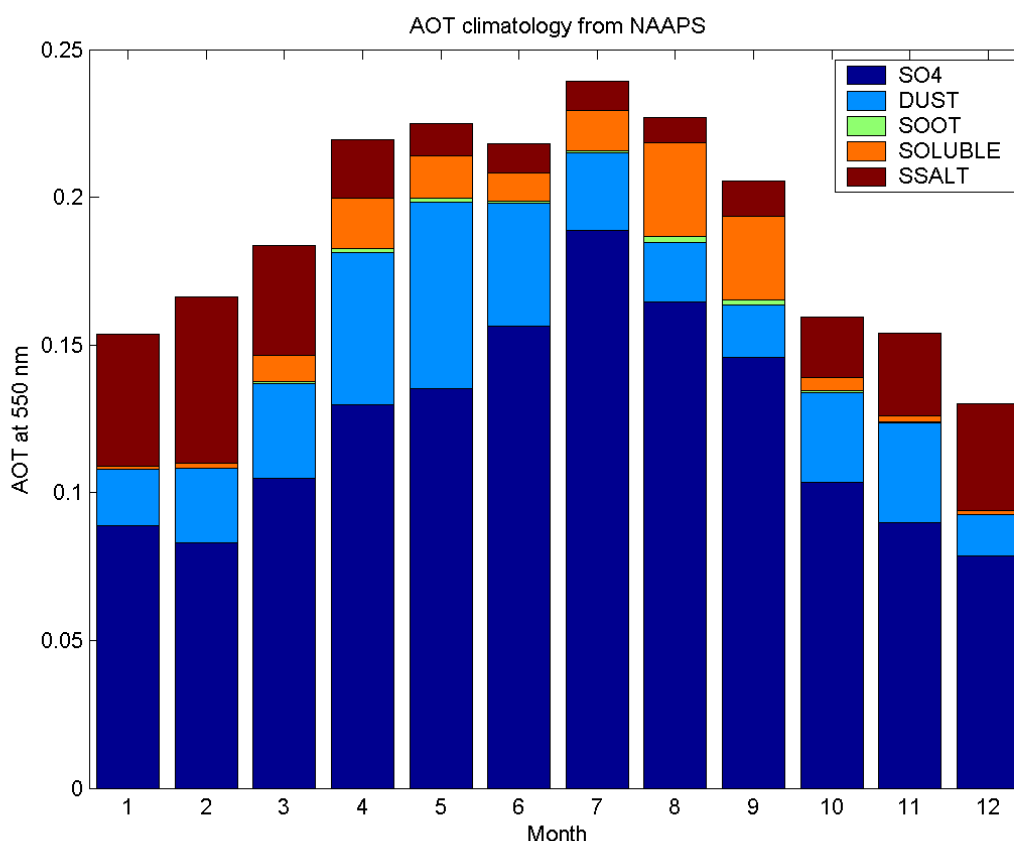
Na stronie www.polandaod.pl znajdują się zbiory danych dla każdego z badanych obszarów w postaci plików tekstowych. Na ich podstawie wykreślamy wykres zmian czasowych liczby pożarów oraz dokonujemy interpretacji przyczyn występowania dużej oraz małej liczby pożarów w różnych porach roku. Ryc. 3 obrazuje zmienność roczną liczby pożarów w rejonie Polski. Wynika z niego, że występują dwa maksima, jeden wiosną (w kwietniu) oraz drugi latem (w sierpniu). Na podstawie uzyskanego wykresy dyskutujemy przyczyny pojawienia się dwóch maksimów. Czy są to pożary naturalne czy wywołane przez człowieka?



Ryc.3 Średnia miesięczna liczba pożarów na obserwowanych na obszarze 60x60 km. Wartości zostały uśrednione dla całej Polski.

4. Roczna zmienność różnych typów aerozoli na podstawie modelu transportu zanieczyszczeń.

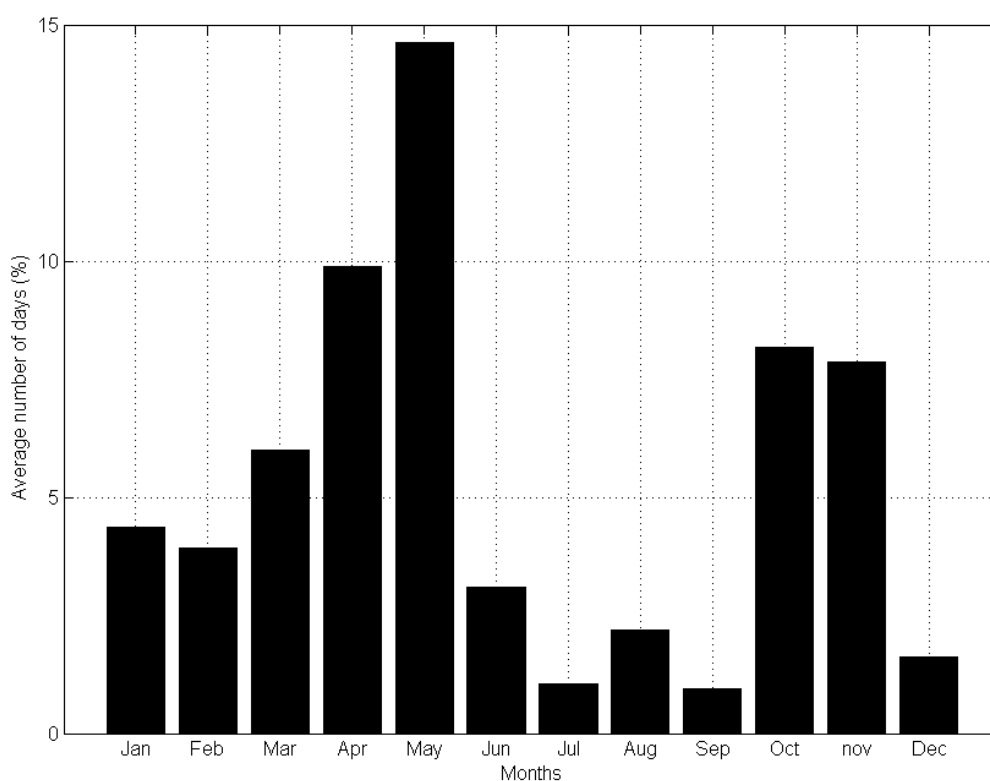
Modele transportu zanieczyszczeń służą do prognozowania koncentracji gazów oraz aerozoli. Opierają się na modelach prognoz pogody, które dostarczają informacji o cyrkulacji w atmosferze oraz na modelach emisji naturalnych oraz antropogenicznych. Np. emisja zanieczyszczeń z pożarów jest określana na podstawie pomiarów satelitarnych, które zasilają model transportu zanieczyszczeń. Do naszych analiz posłużymy się amerykańskim modelem NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System) [3]. Ryc. 4 przedstawia średnie miesięczne grubości optyczne aerozoli z podziałem na 5 kategorii. Kolor granatowy odpowiada siarczanom, niebieski pyłowi pustynnemu, zielony sadzy, czerwony kategorii cząstek higroskopijnych, zaś brązowy soli morskiej. Na podstawie tych danych możemy stwierdzić, że dominującym typem aerozoli są siarczany. Na podstawie tego wykresu dokonujemy szczegółowej analizy rocznego cyklu rodzajów aerozoli.



Ryc 4. Średnie miesięczne grubości optyczne dla poszczególnych typów aerozoli (siarczany, pył mineralny, sadza, cząpki rozpuszczalne w wodzie oraz sól morską).

Na podstawie modelu możemy obliczyć, że średnia roczna grubość optyczna poszczególnych pięciu rodzajów aerozoli wynosi odpowiednio 0.12, 0.03, 0.001, 0.01 oraz 0.02.

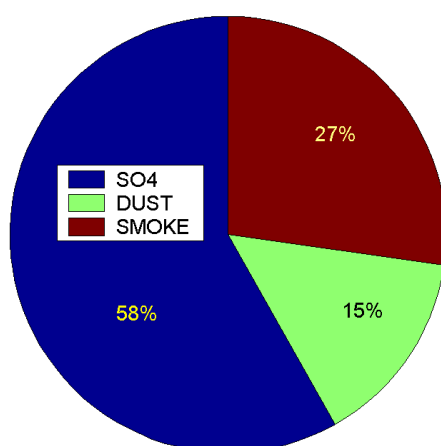
Wyniki z modelu NAAPS pozwalają nam określić również jak często pojawia się nad Polską aerozol typu pustynnego. Ryc. 5 przedstawia liczbę dni w procentach w poszczególnych miesiącach, podczas, którym do Polski dociera pył pustynny. Wynika z niego, że najczęściej obserwowany jest w marcu oraz kwietniu, kiedy to pojawiają się odpowiednio, co 10 i co 6 dni. Najrzadziej pył pustynny obserwowany jest w miesiącach letnich. W tym okresie wysoka temperatura powietrza może sugerować, że napływają masy powietrza zwrotnikowego zawierające pył pustynny. Jednak głównym wysokiej aktywności pyłu pustynnego nad Polską w okresie wiosennym jest jednak cyrkulacja oraz aktywność Sahary, która wiosną produkuje największe ilości pyłu.



Ryc.5 Średnia liczba dni, podczas których występują nad Polską aerozole pochodzenia pustynnego.

5. Analiza epizodów aerozolowych

Na podstawie modelu NAAPS możemy przeprowadzić analizę dni podczas, których występuje bardzo silne zanieczyszczenie powietrza. Na ryc. 6 przedstawiono przypadki, gdy grubość optyczna aerozoli przekracza 0.8. Wartość ta jest bardzo wysoka i spotykana jedynie podczas 2 dni w roku. Główną przyczyną takiego stanu rzeczy są siarczany a w dalszej kolejności aerozole emitowane podczas pożarów oraz pył wulkaniczny. Siarczany związane są z działalnością człowieka i niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi, które sprzyjają kumulacji zanieczyszczeń (słaby wiatr, układy wysokiego ciśnienia).



Ryc. 6 Główne przyczyny występowania wysokich wartości grubości optycznych (po wyżej 0.8) nad Polską. Kolor granatowy odpowiada siarczanom, kolor zielony aerozolom pustynnym, zaś kolor brązowy aerozolom emitowanym podczas pożarów.

6. Literatura

[1] Detektor MODIS

http://pl.wikipedia.org/wiki/Moderate_Resolution_Imaging_Spectroradiometer

[2] Aktualne pożary monitorowane detektorem MODIS

<http://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms/active-fire-data#tab-content-7>

[3] Aktualne prognozy z modelu NAAPS

http://www.nrlmry.navy.mil/shared-bin/display_image.cgi?URL=/aerosol_web/global/ops_01/europe/current.gif

[4] Aktualna prognoza jakości powietrza dla Polski z modelu GEM-AQ

<http://www.ekoprogniza.pl/>