



**dr. hab.  
Iwona Stachlewska  
prof. UW**

Kieruje Zakładem Fizyki Atmosfery na Wydziale Fizyki UW, jest założycielem i liderem uznanego na świecie Remote Sensing Laboratory (RS-Lab). Specjalizuje się w badaniach aerozoli atmosferycznych z użyciem synergii aparatury naukowej w ramach rozproszonej infrastruktury badawczej ACTRIS. Współpracuje z ESA, NASA, CAMS-ECMWF.  
iwona.stachlewska  
@fuw.edu.pl

# CO WIDAĆ W ATMOSFERZE

W ziemskiej atmosferze znajdują się drobiny pyłu, które w naturalny sposób rozpraszają i absorbują promieniowanie słoneczne. Ich ilość i rodzaj wpływa na temperaturę na Ziemi.

## Iwona Stachlewska

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

W ziemskiej atmosferze znajdują się zawieszone w powietrzu cząstki cieczy lub ciał stałych, tzw. aerozole atmosferyczne. Odgrywają one niezwykle ważną rolę w bilansie radiacyjnym Ziemi. Cząstki te o rozmiarach od kilku nanometrów (dla tych świeżo powstałych z prekursorów gazowych) do nawet 1 mm (w przypadku dużych drobin pyłu pustynnego) występują w atmosferze jako fizyczne masy mieszanin o różnych rozmiarach i właściwościach fizykochemicznych. Jedną z ich właściwości jest rozpraszanie i absorpcja promieniowania docierającego

ze Słońca do powierzchni Ziemi. Aerozole te powstają w wyniku działalności człowieka, tj. są pochodzenia antropogenicznego (np. zanieczyszczenia komunikacyjne, produkty spalania biomasy, sadza), naturalnego lub geogenicznego (np. drobiny piasku pustynnego, pyłki roślin, pyły wulkaniczne, cząstki soli morskiej).

## Sieć badawcza

Badania aerozoli atmosferycznych są ważne z punktu widzenia ich wpływu na lokalny i regionalny klimat oraz na jakość powietrza. Wraz z rozwojem stanu wiedzy o aerozolach możemy lepiej prognozować ich przemieszczanie się, koncentrację oraz wpływ na warunki pogodowe. Dlatego muszą być stosowane odpowiednie pomiary dotyczące aerozoli zarówno w mocno zmiennej (dobowo i sezonowo) warstwie granicznej bliskiej powierzchni Ziemi, jak i ponad



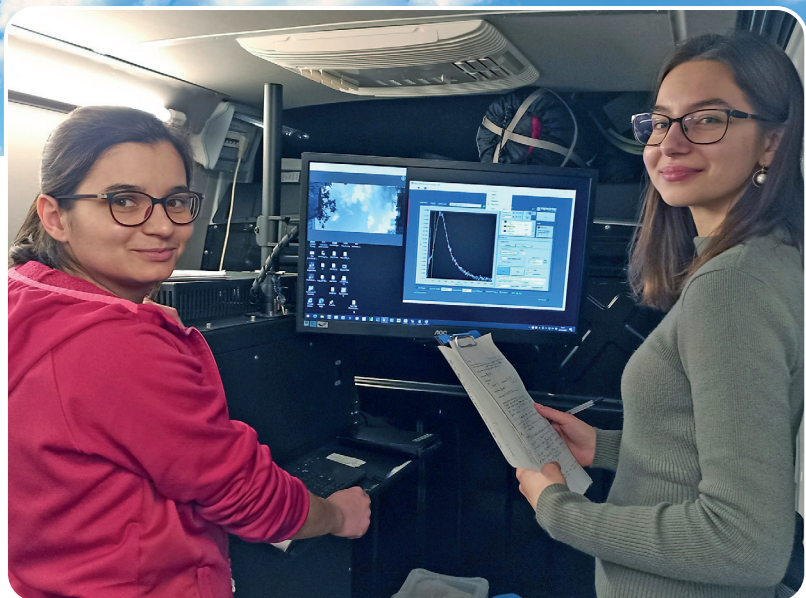
DĄBRÓWKA, STĘPNIEWSKA, UW

Pablo Ortiz-Amezcu  
obok aparatury  
do zdalnych pomiarów  
meteorologicznych  
(radiometru mikrofalowego  
i lidar dopplerowskiego)

nią – w tzw. wolnej troposferze i niskiej stratosferze. Do badania aerozoli atmosferycznych stosuje się różne metody i techniki. Najbardziej oczywiste to tzw. pomiary *in situ*, czyli konkretnych próbek powietrza atmosferycznego w danym miejscu (np. pobranych przy powierzchni Ziemi czy z pokładu samolotu, drona). Drugi rodzaj, mniej oczywisty, to tzw. pomiary zdalne *remote sensing* (RS), które polegają na optycznym badaniu promieniowania. Oba wymienione typy pomiarów dopełniają się, jednak pomiary zdalne dają znacznie więcej informacji, np. mogą mówić o tym, jak własności aerozoli – takie jak ich rozmiar, uwodnienie, zdolności do rozpraszania czy absorpcji

promieniowania – zmieniają się w czasie i wraz z wysokością. Do tego są wykorzystywane specjalnie opracowywane algorytmy, m.in. do wykrywania wysokości warstwy granicznej.

Doskonale i nowocześnie wyposażone RS-Lab (nie tylko w przyrządy zdalne, lecz także *in situ*) pozwala na prowadzenie badań dotyczących tzw. *hot topics*, jednym z nich jest wykrywanie aerozoli biogenicznych przy użyciu lidarów fluorescencyjnych. RS-Lab to akronim od Remote Sensing Laboratory (Laboratorium Pomiarów Zdalnych). RS-Lab powstało, by prowadzić regularne pomiary aerozoli atmosferycznych i chmur różnymi, komplementarnymi technikami



MACIEJ KARASEWICZ, UW

Łucja Janicka i Zuzanna Rykowska podczas pomiarów lidarem mobilnym Emoral w Krakowie w styczniu 2022 roku

Patryk Poczta sprawdza jakość wiązki lasera w lidarze Emoral

zdalnymi. RS-Lab stanowi część szerszej rozumianej infrastruktury badawczej aerozoli, chmur i gazów śladowych ACTRIS.

Droga do powstania RS-Lab w Warszawie była długa i trudna. W 2012 roku w Lipsku we współpracy z naukowcami z Instytutu Leibniza Badań Troposferycznych (Tropos) zbudowaliśmy pierwszy zdalny instrument – lidar nowej generacji. Przyrząd ten pracuje od wielu lat w trybie ciągłym, dostarczając dane o wysokiej jakości (zawierające wiele zmiennych) do Europejskiej Aerozolowej Badawczej Sieci Lidarowej

(Earlinet). W kolejnych latach infrastruktura RS-Lab była dalej rozwijana o inne lidary, fotometry, radiometry itp., ale to ten pierwszy lidar pozostał dla nas najważniejszym przyrządem badawczym. Pozyskanie funduszy na inwestycje w infrastrukturę badawczą i tworzenie zespołu badawczego RS-Lab było trudnym i żmudnym zadaniem. Włączenie laboratorium w działania ACTRIS było ukoronowaniem przedsięwzięcia.

## Ludzie – bezcenna wartość

Podstawą sukcesu RS-Lab są ludzie, dlatego budując zespół RS-Lab, wykorzystywane są głównie fundusze miękkie i różne formy zatrudnienia, od pracy w ramach wolontariatu (z pełnym docenieniem zaangażowania osób gotowych ją podjąć), przez pracę na niepełny etat (pozwalającą na lepszy balans między rozwojem zawodowym a życiem rodzinnym czy realizacją pasji pozanaukowych), aż do zatrudnienia na etaty nienaukowe – techniczne i administracyjne zgodnie z potrzebami konkretnych projektów i działań. Współpracujemy również z osobami z niepełnościami.

W RS-Lab liczy się praca zespołowa, chodzi o to, żeby wykorzystać potencjał członków grupy dla dobra całego zespołu. Każdy ma możliwość nieograniczonego rozwoju w kraju i za granicą. Liczy się dobro całej grupy, a także każdej składającej się na nią jednostki. Jest to możliwe dzięki komplementarności zespołu, zminimalizowaniu redundancji w kompetencjach członków grupy badawczej, a także dzięki komunikacji i współpracy. Niezwykle ważne jest wspólne i krytyczne dyskusowanie wyników badań i ocena jakości wykonywanych prac, dostosowywanie zadań do poszczególnych członków zespołu zgodnie z ich kompetencjami i możliwościami oraz wzajemna pomoc. Równie istotne jest wspieranie rozwoju poszczególnych osób przez dostosowanie ścieżek kariery odpowiednio do ich sytuacji życiowej i potencjału naukowego oraz promowanie postawy doceniającej własną wartość i wartość innych członków grupy dzięki wiedzy o wadach i zaletach, brakach i umiejętnościach każdego z zatrudnionych. Rota-



RAFAŁ FORTUNA, UW

## Zespół RS-Lab:

Iwona Stachlewska (**lider**),

**doktorzy:** Wojciech Kumala, Dongxiang Wang, Dominika Szczepanik, Pablo Ortiz-Amezcuca, Christiana Olusegun,

**doktoranci:** Artur Tomczak, Emeka Ugboma, Maciej Karasewicz, Afwan Hafiz, Patryk Poczta, Fatima Mirza-Montoro,

**technicy:** Łucja Janicka, Rafał Fortuna.

**Byli członkowie:** Stefanie Horatiu, Olga Zawadzka-Mańko, Alex Louridas, Artur Szkop, Eleni Tetoni, Karolina Borek, Konstantina Nakoudi, Michał Pądlowski, Paulina Sokół, Anna Górska, Szymon Migacz, Paweł Swaczyna, Anna Zielińska-Szkop, Montserrat Costa-Surós, Katarzyna Misiura, Aleksandra Lewczuk.

cja pracowników jest spora, jedni osiągają założony cel i zostają, inni odchodzą, co jest rozumiane jako normalny proces. Jeśli udział w pracach RS-Lab jest dla poszczególnych jednostek przełomem – a w wielu przypadkach tak się stało – to najistotniejszy sukces został osiągnięty.

## Globalna współpraca

RS-Lab prowadzi zróżnicowane badania, głównie z dziedziny fizyki atmosfery. Ważnym profilem działalności są projekty rozwojowe dotyczące budowy oprzyrządowania oraz programów je obsługujących, a także algorytmów do synergicznej analizy i wizualizacji danych. Po raz pierwszy w Polsce przeprowadziliśmy kompleksowe badania nad aerozolami atmosferycznymi różnego typu przy użyciu kombinacji najnowocześniejszej aparatury do pomiarów teledetekcyjnych nad Warszawą. Dzięki współpracy dobrze skomponowanego zespołu i ekspertów z kraju i zagranicy badania zakończyły się spektakularnym sukcesem, a ich wyniki przyczyniły się do powstania kilku doktoratów. Realizujemy liczne projekty badawcze dotyczące antro- i geogenicznych aerozoli. W ramach jednego z nich przeprowadzono unikatowe na skalę światową badania nad własnościami optycznymi aerozoli w warstwie granicznej, które pokazały zależności tych własności od różnych warunków: pory dnia, wilgotności, koncentracji. Pokazaliśmy, że spalanie biomasy (podczas pożarów lasów, wypalania traw) nawet w bardzo odległych regionach istotnie wpływa na stan troposfery nad Polską. Przy czym zidentyfikowaliśmy charakterystyczne ścieżki takich napływów, m.in. z Ameryki Północnej i z Europy Wschodniej, oraz określiliśmy różnice w ich charakterystyce. Opracowaliśmy również kalendarium coraz częstszych napływów pyłów pustynnych nad Warszawę. Ostatnio stworzyliśmy nowatorską metodologię wykorzystania pomiarów lidarowych do badania pylenia roślin w warstwie granicznej. Badania własne nie byłyby możliwe bez wsparcia uzyskanego dzięki uczestnictwu RS-Lab w sieciach pomiarowych w ramach paneuropejskiej infrastruktury badawczej ACTRIS.

Przyświeca nam spójna wizja rozwoju. Jest ona możliwa dzięki jednoczesnemu wykorzystaniu określonych typów urządzeń i pomiarów (zdalnie, *in situ*) oraz rodzajów i lokalizacji platform pomiarowych (punktowych z powierzchni Ziemi, mobilnych, satelitarnych). Takie podejście zapewnia doskonałe źródło informacji do zastosowania np. w modelowaniu. Żeby je realizować, RS-Lab bierze udział w przedsięwzięciach badawczych, w których odgrywa wiodące i kluczowe role. We współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną jesteśmy od 2017 roku liderem międzynarodowego działania POLIMOS – wsparcia dla pomiarów lidarowych i radarowych w Polsce. W programie Horyzont 2020 Komisji Europejskiej w pilotażowym projekcie Atmo-Access (Access to Atmospheric Research Facilities), dotyczącym optymalizacji dostępu do rozproszonych atmosferycznych infrastruktur badawczych, kierujemy zadaniami zrzeszającymi kilka instytucji z całej Europy. Takie role to nie prestiż, ale raczej współodpowiedzialność za stan nauki w Polsce i Europie.

Prowadzenie badań zdalnych nad aerozolami wymaga określonej infrastruktury, aparatury badawczej najwyższej klasy, złożonej z zestawów przyrządów dobranych tak, by mogły sprawnie pracować w ramach naukowych sieci badawczych (np. lidarowych – Earlinet, Pollynet, fotometrycznych – Aeronet, spektrometrycznych – PGN, radarowych – Cloudnet), będących jednocześnie częścią większej infrastruktury badawczej. W przypadku RS-Lab jest to aktywny udział zespołu w paneuropejskiej infrastrukturze badawczej ACTRIS. Żeby stać się częścią takiej infrastruktury, trzeba mieć zaplecze w postaci odpowiednich urządzeń pomiarowych oraz zasobów ludzkich.

RS-Lab jest ważnym punktem na arenie międzynarodowej. Prowadzimy współpracę z NASA, ESA, ECMWF-CAMS. Świadczymy usługi dostępu fizycznego i zdalnego do naszej infrastruktury badawczej (skorzystało z nich 19 naukowców z kraju i dziewięciu z zagranicy) oraz dostępu wirtualnego do pozyskiwanych danych pomiarowych (około 4000 ściągniętych plików z naszej stacji badawczej przez Centrum Danych ACTRIS), w tym również prowadzenie badań na życzenie, m.in. dla sektora prywatnego. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

ACTRIS, actris.net.

Shang X., Baars H., Stachlewska I.S., Mattis L., Komppula M., *Pollen observations at four EARLINET stations during the ACTRIS COVID-19 campaign*, „Atmospheric Chemistry and Physics” 2022, DOI: 10.5194/acp-22-3931-2022.

Szczepanik D.M., Stachlewska I.S., Tetoni E., Althausen D., *Properties of Saharan Dust Versus Local Urban Dust – A Case Study*, „Earth and Space Science” 2021, DOI: 10.1029/2021EA001816.