

●○○○○○

## ZA SZYBKO PĘDZIMY W KIERUNKU ZIELONYCH TECHNOLOGII

– ROZMOWA Z DR HAB. IWONĄ STACHLEWSKĄ, PROF. UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO

Często słyszymy o piasku znad Sahary, który dociera do Polski. Mało kto jednak wie, że napływa do nas również wiele innych cząstek z jeszcze odleglejszych zakątków świata. Co takiego, skąd i jaki ma to wpływ na nas? Odpowiedzi na te pytania zna Iwona Stachlewska, profesor Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

**P**od jej kierunkiem nad zjawiskami zachodzącymi w atmosferze pracuje zespół młodych naukowców, korzystając z nowoczesnego zaplecza pomiarowego, jednego z najlepszych na świecie.

Pani profesor stworzyła je w ciągu zaledwie 10 lat! Bezpośrednio przyczyniła się również do przystąpienia Polski do infrastruktury badawczej ACTRIS ERIC, wprowadzając krajowe środowisko naukowe na międzynarodowy poziom badań, zapewniając ich finansowanie i preferencyjny dostęp do zasobów europejskich.

Na pomiary w terenie często wybiera się z mężem, zaangażowanym w nie w ramach wolontariatu. Subaru XV i Forester pełnią wówczas rolę mobilnych stacji badawczych!

**Agnieszka Jama: Pani Profesor, czy to, co niewidzialne dla oka, a jednak wisi w powietrzu nad naszymi głowami, powinno budzić niepokój?**

**Iwona Stachlewska:** Nie jestem osobą, która wysnuwałaby pochopnie wnioski i chciała siać popłoch. Wiadomo jednak, że to, czym oddychamy, ma bezpośredni wpływ na

nasze życie. Z tego punktu widzenia to, czy mieszkamy w regionie bardzo zanieczyszczonym czy czystym, ma dla nas kluczowe znaczenie. Jakość powietrza jest bardzo ważna. Trzeba jednak postawić pytanie, czy aerozole atmosferyczne, które występują w powietrzu w danym miejscu – zawieszone cząstki, pyły, drobiny – są naturalne, czy też są one pochodzenia antropogenicznego, czyli zostały wytworzone przez człowieka. Na świecie są regiony, w których w atmosferze dominuje aerozol natural-





● ○ ○ ○ ○ ○

ny. Dotyczy to na przykład Sahary i unoszącego się nad nią piasku. Tam ze złą jakością powietrza nie wiele można zrobić, trzeba umieć z tym problemem żyć. Z drugiej strony istnieją regiony, w których zanieczyszczenia są generowane przez człowieka, na przykład poprzez wypalanie traw, sztuczne wywoływanie pożarów czy też zbyteczne użytkowanie samochodów w miastach. Czasami zatem jakość powietrza nad danym terenem może być bardzo zła, ale wynika ona z natury tego miejsca i wiele z tym problemem zrobić nie można. Trzeba jednak zastanowić się, co moglibyśmy poprawić tam, gdzie to my ponosimy odpowiedzialność za powstałe zanieczyszczenia.

#### A.J.: Zanieczyszczone powietrze kojarzy nam się ze smogiem.

**Podobno ten letni różni się od zimowego. Czy tak faktycznie jest i który jest dla nas groźniejszy?**

I.S.: Zjawisko smogu, które występuje głównie w miastach i na terenach mocno uprzemysłowionych, w okresie zimowym jest związane z pewną szczególną właściwością atmosfery. Taki smog to mgła, która zawiera bardzo wysoki procent zanieczyszczeń antropogenicznych, które dla człowieka są szkodliwe. W przypadku tego zjawiska bardzo istotną rolę odgrywa dynamika procesów atmosferycznych. Jeśli mamy do czynienia ze stagnacją powietrza, a aerozole skupione są blisko powierzchni ziemi, wówczas taki mokry zimowy smog jest dla nas jeszcze bardziej niekorzystny. Latem z kolei mówimy o smogu fotochemicznym, który też może mieć wysoką zawartość zanieczyszczeń, ale wilgotność tego aerozolu jest dużo mniejsza, a to powoduje, że jest on mniej uciążliwy dla człowieka. Warstwa, w której występuje fotosmog, może rozpościerać się do dużych wysokości nad poziomem gruntu, nawet do 2-3 kilometrów od ziemi. Występuje on zazwyczaj przy bardzo silnej operacji słonecznej, kiedy nie



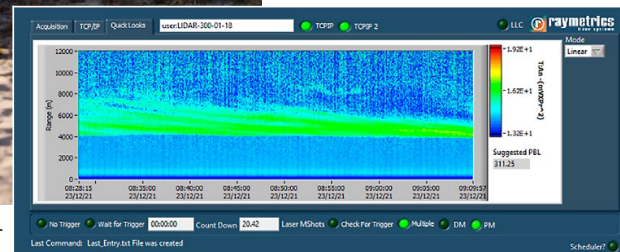
ma chmur i jest upalnie. W przypadku obu rodzajów smogu zanieczyszczenia są antropogeniczne. Latem nad polskimi miastami zanieczyszczeń jest jednak zdecydowanie mniej, dlatego że nie ogrzewamy powierzchni ziemi i przez to bezpośrednio wpływa na człowieka. Tutaj nie ma możliwości, aby uległ on rozcieńczeniu na większej wysokości.

dy sezon grzewczy. Jeżeli do ogrzewania mieszkań wykorzystywane są paliwa kopalne, to one złą jakością powietrza wmagają. Smog zimowy występuje bardzo blisko powierzchni ziemi i przez to bezpośrednio wpływa na człowieka. Tutaj nie ma możliwości, aby uległ on rozcieńczeniu na większej wysokości.

**A.J.: Smog kojarzy nam się nie tylko z tym, co widzimy. Często towarzyszą mu uciążliwości zapachowe. Stężenie zanieczyszczeń plejad**

#### zmierzyć, a jak to jest z tym, co bieramy naszym zmysłem wchu?

I.S.: Jak najbardziej, smog to również uciążliwości zapachowe. Mój zespół akurat tym się nie zajmuje, ale w Polsce są instytucje, które prowadzą badania temu zagadnieniu poświęcone. Niedawno, na początku lipca bieżącego roku, odbyła się we Wrocławiu ciekawa konferencja „Jakość powietrza a zdrowie”, która była wspaniałą okazją do spotkania przedstawicieli świata nauki i ekspertów zajmujących się



monitorowaniem zanieczyszczeń atmosfery. Było wiele interesujących wykładów poświęconych między innymi uciążliwościom związanym właśnie z zapachami. Jak przedstawiono, są one mierzone w małych i dużych skalach, a Polska ma dosyć dobrze opracowane tego typu badania i techniki. W małej skali są one przeprowadzane bezpośrednio przy źródłach odorów lub w relatywnie

niewielkich odległościach. Odbywa się to na przykład przy zakładach przemysłowych, które je generują. Tego typu badania, nawet organoleptyczne, przeprowadzane są szczególnie w miastach. Jest to bardzo ciekawa dziedzina, powiązana ze smogiem, szczególnie tym zimowym.

#### A.J.: Czy możemy coś zrobić z problemem smogu?

I.S.: Oczywiście, że tak, ale jest to trudny temat. Niektóre miasta borykają się bowiem z pewnego rodzaju pułapką. Jest tak na przykład w Zabrzu, w którym zimą 2021 roku przeprowadziliśmy badania struktury pionowej zanieczyszczeń podczas sytuacji smogowych za pomocą lidara, czyli urządzenia stanowiącego dość wymyślne połączenie lasera z teleskopem i układem optycznym kilku detektorów. Odkryliśmy wtedy wiele tak zwanych warstw inwersyjnych, które utrzymywały się na różnych poziomach w atmosferze. Część z nich była nawet na wysokości 4 kilometrów (patrz przykład poniżej).

twością może również spływać na miasto aeroloz z innych terenów. Kiedy już spłynie, tworzy się coś na kształt szklanych sufitów i zanieczyszczenie nie ma możliwości wydostać się do wyższych warstw atmosfery. W naszym kraju jest kilka takich lokalizacji. Podobnie jest w okolicach Rybnika czy Krakowa, gdzie ciężko o naturalną wentylację miast. Oczywiście nie oznacza to, że jeżeli żyjemy w takim mieście, to nie musimy nic robić, bo to i tak nie da. Absolutnie nie! Ważne jest jednak, żeby przeanalizować, jak dużo zanieczyszczeń dopływa z zewnątrz. W dużej części mamy tam bowiem do czynienia z zanieczyszczeniami napływowymi, a te zależą między innymi od mezoskalowej dynamiki atmosfery. Nie można niestety z tym wiele zrobić. Nie postawimy przecież muru, który zanieczyszczenia w cudowny sposób zatrzyma. A zatem we wspomnianych miastach nie uda się nam zniwelować ich do zera.

#### A.J.: Czy to dotyczy tylko miast, czy też całych regionów? Czy jest to problem tylko Polski?

I.S.: Z tym problemem zmagamy się nie tylko w Polsce. Przykładem z zagranicy jest znany włoski region Niziny Padańskiej, gdzie występuje bardzo silne zanieczyszczenie związane z tym, że jest ono zamknięte w ogromnej niecce. Spływają do niej aeroloz, które nie mogą się stamtąd wydostać. Są one blokowane przez Alpy i Apeniny, i to w obu kierunkach – horyzontalnie poprzez ukształtowanie terenu, ale i pionowo właśnie poprzez warstwę inwersji temperatury. Na mapach jakości powietrza dla Europy często widać, jak bardzo zanieczyszczony jest ten region. Podobnie nasz Śląsk jest częściowo uwięziony pasmem Sudetów i Beskidów. Niewiele osób wie, że do Śląska dość często napływają aeroloz z Niemiec, Czech, a także z terenów pogranicza Ukrainy, Białorusi i Rosji, gdzie nadal stosuje się wypalanie traw w celach

agrarnych. Jeśli mowa o aerolozach napływowych, warto nadmienić, że te mogą do nas nadciągać z naprawdę dużych odległości. Mam tu na myśli te naturalne, które związane są na przykład z samozapłonem lasów na Półwyspie Iberyjskim, czy nawet w Kanadzie. Aeroloz powstaje w wyniku takich pożarów terenów zalesionych również napływają nad Polskę i nawet jeśli taki napływ trwa kilka dni, nadal przyczynia się do ogólnego stanu naszej atmosfery. Podobnie jest z ziarenkami piachu, które docie-



rają do nas z Sahary, a nawet – choć rzadziej – z pustyni Gobi. Takie warstwy cechują się inną dynamiką zmian, mają też różne własności optyczne. Piasek z Sahary ma nieco odmienny skład i w związku z tym ma inne zdolności rozpraszania i absorbowania światła. Jeśli zatem chodzi o tak zwany bilans radiacyjny (z grubsza ile promieniowania dotrze do powierzchni ziemi), będzie on w obu przypadkach inny. W Polsce z roku na rok obserwujemy częstsze i objętościowo zwiększające się napływy

piasku saharijskiego. Jest coraz cieplej i tych zjawisk jest coraz więcej. Warto dodać, że w zależności od tego, czy piasek niesiony był z centrum Sahary, czy z jej obrzeży, jego własności również się od siebie różnią. Ponadto ulega on na swojej drodze modyfikacji. Większe cząstki opadają, mniejsze niesione są dalej z powietrzem.

#### A.J.: A zatem żółty pył, który czasami latem obserwujemy na naszych samochodach, to z dużym prawdopodobieństwem ten z Afryki?

I.S.: Niekoniecznie. Jeśli mamy do czynienia z żółtzielonkawymi cząstkami, najczęściej są to aeroloz atmosferyczne będące pyłkiem roślin (traw, krzewów, drzew). Osadzają się one na naszych autach w okresach, kiedy występuje silne pylenie. W przypadku piasku saharijskiego ten kolor będzie natomiast beżowożółtawy albo beżowopomarańczowy. Czasami obserwowany pył jest w kolorze beżowoszarawym bądź szarawożółtym i ten z kolei związany jest z napływami piasku, który pocho-

dzi z lokalnej działalności rolniczej. Kiedy rolnicy kulturywują swoje pola i tym pracom towarzyszy silny wiatr, drobiny żyznej gleby są podrywane i przenoszone w powietrze. Występują wtedy czasami lokalne burze piaskowe. Na przykład w okolicach Warszawy. Nasza stolica jest przecież otulona przez spore tereny rolnicze. Własności każdego z wymienionych rodzajów piasków są inne. Trzeba je badać i sprawdzać, jak często do nas docierają. Dopiero potem możemy szacować, jaki mogą one mieć wpływ na nasz lokalny/regionalny klimat. Trzeba pamiętać, że ocieplenie klimatu nie tylko sprzyja pożarom czy burzom piaskowym. Coraz częściej mamy ekstremalne warunki pogodowe. Pory roku są zaburzone. Lato w Polsce już nie jest typowym latem sprzed 30 lat, staje się ono coraz dłuższe, a miesiące takie jak wrzesień coraz bardziej je przypominają. Jesień jest zdecydowanie krótsza, bo sprowadza się już w zasadzie tylko do października i listopada. W grudniu mamy już zimą, która z kolei jest ciepła. Wiosna jest praktycznie zerowa, bo następuje bardzo szybkie przejście między zimą a latem. Nie da się ukryć, że te zmiany postępują.

#### A.J.: A więcej pyłu w powietrzu to dalsze ocieplenie klimatu...

I.S.: To by było zbyt proste! Nie do końca tak jest. Będą regiony, w których nastąpi ocieplenie, ale będą też takie, gdzie będziemy mieli do czynienia z ochłodzeniem. Trzeba przyglądać się, jakie cząstki aerolozu występują na danym obszarze i jaki mogą mieć wpływ stricte na bilans radiacji. Jeżeli spojrzymy na bilans dla całej Ziemi, to generalnie mówimy o ociepleniu klimatu. Kiedy jednak skupimy się na nim lokalnie, może to wyglądać już zupełnie inaczej. Wyobraźmy sobie, że nad naszym miastem na wysokości kilku kilometrów zawisa warstwa aerolozu, który bardzo

silnie absorbuje promieniowanie słoneczne. Wówczas aeroloz ten będzie bardzo silnie grał atmosferę na tejsze wysokości. Jednocześnie przy powierzchni ziemi będzie chłodniej, bo promieniowanie słoneczne nie będzie miało szansy tam dotrzeć. A zatem lokalnie możemy mieć efekt ochłodzenia, ale globalnie, na przykład w skali całego regionu, już niekoniecznie musi tak być. Wszystko zależy od ilości i własności cząstek zawieszonych w atmosferze. Na danej wysokości możemy mieć na przykład warstwę

**Jeżeli spojrzymy na bilans dla całej Ziemi, to generalnie mówimy o ociepleniu klimatu. Kiedy jednak skupimy się na nim lokalnie, może to wyglądać już zupełnie inaczej.**

a ona uniemożliwi im wydostanie się. Wtedy będzie ona wzmacniała nagrzewanie się stref podbiegunowych. A jeżeli Arktyka będzie się coraz bardziej ogrzewała, to cała cyrkulacja oceanów zostanie zaburzona i to będzie powodowało kolejne drastyczne zmiany. Nie będą one oczywiście odczuwalne od razu, ale już w ciągu kolejnych lat – tak.

#### A.J.: Właśnie o to chciałam podpytać. Jakie Pani zdaniem losy czekają naszą planetę w najbliższej przyszłości?

I.S.: W ramach doktoratu prowadziłam badania na Spitsbergenie dla Instytutu Alfreda Wegenera w Niemczech. Pamiętam, że na obronie doktoratu w 2006 roku jeden z członków komisji zadał mi pytanie: „Jak Pani uważa, czy ocieplenie klimatu będzie się nasilało, czy nie?”. Odpowiedziałam wtedy, że nie jestem prognostykiem, nie zajmuję się modelowaniem klimatu, ale moja intuicja podpowiada mi, że to nie jest takie proste i nie tyle powinniśmy mówić o globalnym ociepleniu, ale o ekstremalnych warunkach pogodowych, które nas czekają. Wyjaśniłam, że lokalne efekty będą coraz silniejsze. Mówiłam, że niezwykle ważne jest uwarstwienie atmosfery – jakie to są warstwy i ile ich jest, czy są one chwilowe, czy utrzymują się przez kilka dni, jak duże jest zachmurzenie, i czy promieniowanie choć częściowo penetruje chmury, czy też nie. Nadmieniałam na koniec, że oprócz ekstremów pogodowych będziemy obserwowali też przesunięcie pór roku. Weszłym roku na spotkaniu naukowym infrastruktury badawczej ACTRIS ten sam profesor, który w trakcie obrony zadał wspomniane pytanie, Adolfo Comeron z Hiszpanii, powiedział mi: „Tak, mamy teraz ekstremalne warunki pogodowe. Tak, mamy zmianę sezonów. Nie mogę w to uwierzyć, że już wtedy o tym mówiłaś!”. Intuicja naukowa podpowiadała mi, że to nie jest proste.



takich, które są mocno uwodnione i silnie rozpraszają promieniowanie słoneczne. One nie będą powodowały lokalnego grzania atmosfery. Będą działały niczym parasol, który ochładza Ziemię. Tak więc efekty mogą być naprawdę różne. Co więcej, ta sama warstwa aerolozu na wysokości kilku kilometrów w Arktyce będzie miała inny efekt niż w regionie środkowoeuropejskim, bo promienie słońca padają tam pod innym kątem. W Arctyce promienie słoneczne mogą pod tą warstwą spadać do atmosfery,



Dlatego lata badań spędziłam na wykonaniu pomiarów, które stanowią solidny punkt zaczepienia dla weryfikacji i optymalizacji modeli. Nie wystarczy bębnić o ociepleniu klimatu i o tym, że musimy maksymalnie zredukować wszystkie możliwe zanieczyszczenia, bo nadal za mało poświęca się uwagi stosunkowi efektu tego, co realnie możemy zrobić, do tego, co (z)gotuje nam atmosfera. Nie powinniśmy tworzyć twardych planów na 10 czy 20 lat. Uważam, że jest to po prostu nieuprawnione. Zmiany na pewno będą następowały coraz szybciej i nie będziemy w stanie w prosty sposób określić i ocenić tego, co nas czeka. Jakiekolwiek wyrokowanie i prognozowanie są naprawdę bardzo trudne. Nikogo nie chciałabym straszyć, że przyjdzie nam się mierzyć z tragedią, bo po prostu nie wiemy, jak się wszystko dalej potoczy i zmieni. Teraz jest ogromny boom na zielone technologie – samochody elektryczne, panele fotowoltaiczne i inne tego typu rozwiązania. W teorii jest to bardzo dobre, ale nie wiemy, jakie będą konsekwencje tego nieograniczonego pędu w technologię, która tak naprawdę nie jest bez wad. Dobrze przecież wiemy, że nie możemy zużytej baterii z takiego pojazdu po prostu wyrzucić. Do pewnego stopnia możemy takie baterie regenerować, ale później i tak gdzieś je trzeba będzie składować jako odpady wysoce niebezpieczne. Nie ma technologii, która jest bezodpadowa i nie pozostawia wpływu na środowisko.

W tym miejscu chciałabym podjąć również inny temat. Obecnie obserwujemy duże zainteresowanie farmami fotowoltaicznymi. Takie elektrownie słoneczne potrzebują terenów, nad którymi optymalnie nie ma chmur i jest bardzo duże nasłonecznienie. Zastanawimy się jednak, co dzieje się na takim terenie. Jeżeli ten obszar jest pustynią i postawimy na nim 300 hektarów takich paneli, to panele te skutecz-



nie „skradną” promieniowanie słoneczne i w konsekwencji nie będzie ciepło. Jeżeli ten obszar jest pustynią i postawimy na nim 300 hektarów takich paneli, to panele te skutecz-

otwartą nad jakąś powierzchnią, to tam zrobi się chłodniej. Dlaczego zatem nie miałyby zrobić się chłodniej pod panelami? Czy to zatem nie spowoduje pewnego zaburzenia,

którego efektów długoterminowych nie jesteśmy w stanie oszacować? Może wychłodzenie pustyni na nikim nie robi wrażenia, ale czy wychładzanie gruntów w środkowo-wschodniej Polsce nie niesie za sobą poważnego ryzyka? Reasumując, wydaje mi się, że za szybko pędzimy obecnie w kierunku zielonych technologii, których efektów zastosowania do końca jeszcze nie potrafimy przewidzieć.

**A.J.: Wróćmy do tematu aerozoli, które docierają do nas z odległych zakątków świata. Ile czasu musi upłynąć, żeby znalazły się one nad Polską?**

**I.S.:** Wszystko zależy od panujących warunków atmosferycznych. Możemy mieć napływy zanieczyszczeń z Ukrainy czy Rosji, które w ciągu zaledwie kilku godzin będą już nad Warszawą. Z kolei około dwóch dni to czas, jaki potrzebny jest na transport aerozoli z południa z Wyspy Iberyjskiej. Mogą być jednak i takie aerozole, jak na przykład te powstałe w wyniku pożarów w Kanadzie, które będą ciągnąć się do nas przez kilka dni. Kiedy dotrą już do Europy i Polski, po drodze ulegną procesowi starzenia. Ich własności się zmieniają i nie będą już takie, jakie były w miejscu ich wygenerowania. Bardzo istotne jest też to, co dokładnie się pali – czy jest to pożar lasów iglastych, czy liściastych, jaka jest struktura i wiek lasu, czy może są to łąki, torfowiska, a może bagna. Ważny jest typ pożaru – bardziej dymny, podpowierzchniowy, czy też intensywny, będący w stanie dostarczyć aerozole na duże wysokości. Nad terenami Kanady tropopauza (między troposferą, w której żyjemy, a stratosferą) znajduje się na wysokości około 10–12 kilometrów. Jeżeli pożar jest bardzo intensywny, mogą tworzyć się prądy, które wyniosą cząstki aerozolu aż do stratosfery. Kiedy już tam wpadną, mogą przebywać w niej nawet miesiącami. Tak dzieje się również

często podczas wybuchów wulkanów, które potrafią być tak silne, że w troposferze nie odczuwamy ich skutków w postaci pyłów. Tropopauza nie pozwala aerozolowi przelknąć z powrotem (czyli spaść na dół) do troposfery. A zatem aerozol musi ulec naturalnemu rozkładowi w stratosferze, co może trwać nawet miesiącami.

Dynamika tych zjawisk i badania, które prowadzimy, są naprawdę bardzo interesujące. Instytucje, które zajmują się monitorowaniem jakości powietrza, najczęściej skupiają się na pomiarach przy powierzchni ziemi. Te pomiary prowadzone są w ramach bardzo dobrze zorganizowanych sieci pomiarowych. Monitoring państwowy prowadzi Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOS) w miejscach neralgicznych i tych dających pewien poglądowy obraz sytuacji, mając na celu informowanie społeczeństwa w czasie rzeczywistym (~ co godzinie).

Wszystko odbywa się jednak tylko punktowo przy powierzchni ziemi. Oczywiście instytucje te mają również swoje zespoły zajmujące się modelowaniem, interpolacją i eks-trapolacją wyników, opracowaniem map zanieczyszczeń, a nawet prowadzeniem prób dołączenia danych satelitarnych. To, czego punktowy pomiar nie może dać, to informacja o tym, co dzieje się 200, 500 czy 1000 metrów, a nawet 5, 10 czy 20 kilometrów wyżej. Natomiast urzędnicy lidarowe, które projektuje, buduje i testuje, potrafią dać nam obraz w punkcie, ale nie tylko przy gruncie, ale jako profil atmosfery na różnych wysokościach. Mogą dzięki temu określić, czy na danej wysokości są warstwy aerozoli, czy ich nie ma, czy one absorbują promieniowanie, czy nie, czy zawieszono cząstki są małe, ale występują w dużych ilościach, czy odwrotnie – cząstek jest niewiele, ale za to są ogromne, czy są one sferyczne, czy też mają skomplikowane kształty – jak na przykład

**Niektóre przyrządy przewoźni także w prywatnych autach – Subaru XV i Foresterze. Te samochody naprawdę się sprawdzają, szczególnie wtedy, kiedy trzeba wykonywać pomiary w trudno dostępnych terenach górskich, na bagnach.**

drobiny piasku, kryształki śniegu. I to jest właśnie wartość dodana badań prowadzonych przez mój zespół we współpracy międzynarodowej. W obszarze moich zainteresowań jest cała pula różnych przyrządów badawczych, które są dopełnieniem monitoringu państwowego i monitoringu samorządowego. Muszę podkreślić, że w ostatnich latach dużo robi się w Polsce właśnie na poziomie samorządowym. Samorządy stają się coraz bardziej aktywne w obszarze monitoringu. Moim zdaniem w naszym kraju wygląda to naprawdę bardzo dobrze. Gdybym miała dokonać oceny, jak uczciwie i poważnie Polska podchodzi do tego tematu i jak dobrze prowadzone są u nas badania monitoringu, powiedziałabym, że GIOS jest jednym z najlepszych w skali Europy. Jest to instytucja dbająca o kalibrację i jakość pracy wykonywanych urządzeń, a także o sprawdzanie, archiwizowanie i udostępnianie danych dowolnej osobie, która ich potrzebuje. Każdy bowiem może mieć dostęp do tych informacji. Co więcej, GIOS prowadzi strony internetowe, na których prezentowana jest jakość powietrza w całej Polsce. Natomiast to, co robi mój zespół, jest tego dopełnieniem. GIOS dysponuje czujnikami prostszymi, ale jednocześnie łatwiejszymi w użyciu. Badania prowadzone przez mój zespół są skomplikowane, wymagają często całych zestawów dodatkowych sensorów. Część z nich mamy zainstalowanych w samochodach wykorzystywanych podczas badań. Na przykład jeden z lidarów zbudowanych w ramach finansowania Europejskiej Agencji Kosmicznej umieszciliśmy w ogromnym vanie. Niektóre przyrządy przewoźni także w prywatnych autach – Subaru XV i Foresterze. Te samochody naprawdę się sprawdzają, szczególnie wtedy, kiedy trzeba wykonywać pomiary w trudno dostępnych terenach górskich, na bagnach.



○○○○●○○

### A.J.: Czy to właśnie możliwości naszych samochodów przesądziły o ich wyborze przez Panią i Pani męża?

**I.S.:** W zasadzie zakup pierwszego samochodu Subaru XV był spowodowany tym, że szukaliśmy auta, które było wyprodukowane w klasycznej technologii. Chodziło o to, żeby miało silnik wolnossący bez turbodoładowania i automatyczną skrzynię biegów (musieliśmy uwzględnić to, że jestem osobą niepełnosprawną). Na to zwracaliśmy uwagę w pierwszej kolejności. Później, kiedy poznaliśmy już zalety naszego pierwszego Subaru, to owszem – decyzja o zakupie drugiego samochodu tej marki w pewnym sensie była podyktowana tym, że mając dwa podobne pojazdy, będziemy mogli komfortowo zabierać więcej sprzętu na nasze wyjazdy. Później odkryliśmy dodatkowy atut w postaci okna dachowego w Subaru Foresterze. Mogliśmy przez nie wyciągnąć część wlotów do wykonywania pomiarów podczas jazdy. Oba auta są przemyślane i człowiek czuje się w nich jak w domu – wnętrza nie są agresywne. Bardzo mi to odpowiada. Dla nas ważne są również nawigacja i klimatyzacja. Najbardziej doceniamy to, że dzięki nim możemy wykonywać nasze pomiary nie tylko tam, gdzie mamy superdojazd asfaltową drogą. Dzięki napędowi 4x4 możemy bez problemu dotrzeć zimą w góry, gdzie pracuje część z naszych stacji. Wtedy Subaru bardzo się sprawdzają.

### A.J.: W jakie najciekawsze dotąd miejsce Państwo nimi dotarli?

**I.S.:** Z punktu widzenia wykonanych pomiarów najciekawsza była jedna z lokalizacji w miejscowości Orašac w Chorwacji. Spodziewaliśmy się tam zвычайnych warunków atmosferycznych. Tymczasem kiedy dojechaliśmy na miejsce, po przeprowadzeniu pierwszych prób pomiarowych za pomocą drogiego

i skomplikowanego lidara okazało się, że urządzenie nie mierzy. Pomyślałam, że podczas transportu doszło do jego uszkodzenia. Wtedy mąż zjechał bardzo blisko powierzchni wody, wykonał pomiary fotometrem, który mierzy, jaka jest grubość optyczna i zawartość aerozolu w całej kolumnie atmosfery. Uzyskane wartości były praktycznie pod kreską detekcji urządzenia. Wtedy zrozumieliśmy, że tam po prostu jest tak niesamowicie czysto i nie ma nic do mierzenia! Orašac jest położony niedaleko od Dubrownika, a jednak przytrafiła nam się właśnie tam najczystsza atmosfera. Inne ciekawe miejsce pomiarów zlokalizowane było w Rumunii. Znajduje się tam centrum kalibracji urządzeń lidarowych działające w ramach ogromnej, paneuropejskiej infrastruktury badawczej aerozoli, chmur i gazów śladowych: ACTRIS ERIC. Jest to inicjatywa 22 państw, a Polska jest jej członkiem założycielem. Centrum kalibracji jest o tyle egzotyczne, że jest ono położone stosunkowo blisko Bukaresztu, a jednak zlokalizowane na wielkim pustym polu. Ośrodek, doskonale wyposażony w najnowocześniejszą aparaturę badawczą i infrastrukturę niezbędną dla badaczy, został zbudowany przez Instytut Optoelektroniki INOE. Do niego zjeżdżają czasami jednocześnie osoby z kilkunastu różnych instytucji z całej Europy i wszyscy naraz wykonują badania. Uczestnictwo w takim wydarzeniu jest niesamowitym przeżyciem. W Rumunii obserwuje się więcej pożarów niż w Polsce. Dociera tutaj też więcej drobin piachu z Sahary, który napływa inną drogą niż do naszego kraju. Samochody Subaru dowiozły nas również w wiele innych miejsc, w których wykonywaliśmy pomiary. Byliśmy głównie w miastach – w Wilnie, Atenach, Krakowie, Wrocławiu, czy Zabrzu, ale także na torowisku w obszarze Natura 2000 w Rzecinie, w małowidnych wio-



Odkryliśmy dodatkowy atut w postaci okna dachowego w Subaru Foresterze. Mogliśmy przez nie wyciągnąć część wlotów do wykonywania pomiarów podczas jazdy. Oba auta są przemyślane i człowiek czuje się w nich jak w domu – wnętrza nie są agresywne. Bardzo mi to odpowiada.

skach Beskidu Żywieckiego, czy na rozległych terenach rolniczych pod Białymstokiem. Dzięki temu współpraca mojego zespołu z innymi instytucjami w Polsce jest dobrze rozwinięta. Oczywiście robiliśmy również pomiary w Europejskiej Agencji Kosmicznej, w siedzibie ESA – ESTEC. Jeden z naszych

lidarów mobilnych budowaliśmy właśnie dla nich. Przeprowadzaliśmy ponadto szkolenia z obsługi tego lidara dla pracowników Agencji. Tymaczyliśmy im, co to jest lidar i jak będą mogli wykorzystywać uzyskane dane pomiarowe. A zatem takich ciekawych wyjazdów trochę już zrealizowaliśmy.

Oczywiście mamy również szeroko zakrojone plany na przyszłość, jak na przykład wykonanie badań we Włoszech (dla ESA-ESRIN) czy w Hiszpanii.

### A.J.: Czy może nam Pani Profesor powiedzieć więcej o swoim Zakładzie i o współpracy z innymi jednostkami?

**I.S.:** Współpraca układa się bardzo dobrze! Zakład, którym kieruję, to Zakład Fizyki Atmosfery. Prowadzimy badania nad aerozolami, ale nie tylko. Jest też bardzo silna grupa profesora Hanny Pawłowskiej, która skupia się na badaniach mikrofizyki chmur. Jest grupa profesora Szymona Malinowskiego, która zajmuje

się turbulencja. Jest również grupa profesora Krzysztofa Markowicza, która zajmuje się badaniami radiacji, a także badaniami przy powierzchni ziemi, prowadzonymi przy użyciu dronów. I wreszcie moja grupa odpowiedzialna za badania nad aerozolami, chmurami i zdalne pomiary za pomocą urządzeń, które mogą profilować wiele kilometrów w atmosferze. W naszej grupie mamy też kilka osób, które zajmują się modelowaniem różnych procesów fizycznych. Jak na taki mały zakład, bo liczący tylko około 40 osób, możemy się pochwalić osiągnięciami, które zyskały silne uznanie w Polsce. Zakład Fizyki Atmosfery cieszy się naprawdę dużą renomą. Dwa lata temu zostałam wybrana współprzewodniczącą specjalnego europejskiego forum naukowo-technicznego w ramach wspomnianej struktury ACTRIS. Jest to dla mnie ogromne wyróżnienie, ale mam świadomość, że na takie stanowisko nie wybiera się osób z grup, które nie mają realnego przełożenia na nauce! Nasza pozycja jest zatem bardzo wysoka i wszyscy w środowisku nas znają. Chciałabym podkreślić, że jesteśmy grupą międzynarodową. Nie mamy studentów czy doktorantów tylko z Polski. Jeden z naszych studentów pochodzi z Indii, mamy też doktorantów z Indonezji i Nigerii. Osoby z zagranicy też chcą dla nas pracować. Mielismy współpracowników z Hiszpanii, Niemiec, Grecji, Chin, Francji. Przyjeżdżają do nas osoby z różnych zakątków świata. Tworzymy naprawdę zgraną grupę naukowców, którzy nie widzą w sobie potencjalnej konkurencji, tylko raczej ze sobą współpracują i nie przeszkadzają sobie wzajemnie. To jest też bardzo ważne.

**A.J.: Wracając do samochodów Subaru, którymi jeżdżą Państwo na badania – jak mocowany jest w nich sprzęt pomiarowy i ile czasu to zajmuje?**

**I.S.:** To bardzo dobre pytanie. Długo zastanawialiśmy się, jak do

tego tematu podejść. Zadanie było dużo trudniejsze w Subaru XV niż w Foresterze, ponieważ w nim nie mamy okna dachowego. Zabezpieczyć sprzęt można na przykład w klatkach kennelowych i używając pasów zabezpieczających. Głównym problemem w Subaru XV było wyprowadzenie wlewu do poboru cząstek z zewnątrz. Nie chcieliśmy montować sprzętu ani na dachu, ani z tyłu samochodu, bo nie jest on przystosowany do montażu na zewnątrz. Urządzenia do pomiarów in situ, czyli takich, w których czujnik umieszczony jest przy powierzchni ziemi, są najczę-

**Dwa lata temu zostałam wybrana współprzewodniczącą specjalnego europejskiego forum naukowo-technicznego w ramach struktury ACTRIS. Jest to dla mnie ogromne wyróżnienie. Nasza pozycja jest zatem bardzo wysoka i wszyscy w środowisku nas znają.**



ściej montowane w budynkach. Za każdym razem sporo dyskutowaliśmy, jak wlew wyprowadzić z samochodu. Oknem? Z tyłu drzwi? A może to zbyt blisko spalin naszego własnego auta? To na-

prawdę było trudne! Kiedy jednak zdecydowaliśmy się na Subaru Forestera, problem się rozwiązał. Nie dość, że z tyłu jest w nim dużo więcej miejsca niż w Subaru XV, co jest ogromną zaletą, to dodatkowo mamy też do dyspozycji wspomniane okno dachowe. Teraz mocowanie całego naszego sprzętu zajmuje zaledwie chwilę. Bez problemu możemy wyprowadzić wszystkie inletry na zewnątrz właśnie przez okno dachowe. To genialne rozwiązanie. W tym samochodzie możemy to zrobić bardzo szybko i sprawnie. Kiedy tylko w atmosferze zaistnieje jakaś ciekawa sytuacja i nagle chcielibyśmy coś zmierzyć w danej lokalizacji, możemy to zrobić bez problemu.

**A.J.: Które miejsce jest na mapie Pani marzeń, jeśli chodzi o wykonanie tam pomiarów w przyszłości, i dlaczego właśnie ono?**

**I.S.:** Jako takiej mapy marzeń nie mam (*śmiech*). Z punktu widzenia pomiarów, które by mnie bardzo interesowały, miałabym wielką chrapkę na wykonanie ich w Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej. Są to tereny w Chinach, na obszarze pustyni Gobi, gdzie jest wiele potencjalnych lokalizacji dla elektrowni słonecznych – fotowoltaicznych i koncentracyjnych. Elektrownia fotowoltaiczna wykorzystuje panele fotowoltaiczne, które zamieniają energię słoneczną na energię elektryczną. Z kolei koncentracyjna elektrownia słoneczna wykorzystuje soczewki lub zwierciadła, aby skupić promienie słoneczne na jednym punkcie, w celu wytworzenia ciepła, które następnie jest wykorzystywane do produkcji energii elektrycznej. Właśnie tam chciałabym wykonać pomiary, żeby sprawdzić za pomocą urządzeń lidarowych, fotometrycznych i satelitarnych, czy te miejsca są faktycznie optymalne dla takich rozwiązań. Są to tereny położone bardzo blisko obszarów pustynnych. Z jednej strony jest tam w wysokie nasłonecznienie

przy braku chmur. Z drugiej strony piasek, który opada i osiada na panelach/zwierciadłach, powoduje ich niższą efektywność. To właśnie chciałabym badać. Z naukowcami z Chin popełniłbym nawet już pewną wspólną pracę, w której w teorii i na bazie danych satelitarnych tę kwestię wstępnie przeanalizowaliśmy. Bardzo chciałabym móc przeprowadzić pomiary i sprawdzić, jakie są właściwości tamtejszego piasku blisko jego źródła, jak bardzo różni się on od tego znad Sahary. Mocno wierzę, że – raczej zapewne nie w bliższej, a w dalszej przyszłości – uda mi się to zrobić. Postrzegam

te destynacje jako wyjątkowo ciekawą i ona wyjątkowo mnie pociąga. To region w Chinach najmniej zaludniony, a co się z tym wiąże – mniej zanieczyszczony.

**A.J.: W naszej rozmowie dużo mówimy o pomiarach lidarowych. Na czym polega zasada działania urządzenia zwanego lidarem?**

**I.S.:** Gdybyśmy chcieli to sobie łatwo wyobrazić, to lidar działa dokładnie tak jak „suszarka”, którą mierzy się naszą prędkość na autostradzie. Urządzenie emituje impulsy lasera o różnych długościach fali do atmosfery, ale nie poziomo – jak

działa się to w przypadku mierzenia „suszarką” policyjną w auto – a do góry. Impulsy napotykają na swojej drodze maleńkie objekty. Są nimi aerozole, drobinki różnego rodzaju: pyłki, dymu, piasku, czy pyłów wulkanicznych. Wiązki laserowe wchodziły wtedy w interakcję z cząstkami, a promieniowanie ulega rozproszeniu. Jego część rozprasa się do przodu, na boki, do tyłu. To ostatnie jest zbierane za pomocą zwierciadeł teleskopu. Następnie sygnał jest przekazywany do układu optycznego zwanego polichromatorem. Tam zostaje on rozdzielony na równe kanały





○○○○○●

detekcji. Odfiltrowane są fotony pochodzące od tła. Otrzymane zestawy sygnałów tworzą układ od kilku do kilkunastu równań. Z tego układu równań musimy następnie wyznaczyć pewne parametry charakteryzujące cząstki.

**A.J.: Kto korzysta z wyników Państwa pomiarów? Dokąd trafiają uzyskane dane?**

**I.S.:** Będąc częścią wspomnianej infrastruktury badawczej ACTRIS ERIC, jesteśmy zobowiązani do dostarczania danych właśnie do niej. Dzielenie się wynikami nie odbywa się tylko na poziomie instytutu. Wszystkie wchodzą do ogromnej, pojedynczej bazy danych na portalu ACTRIS i stamtąd mogą je pobierać różni interesariusze. Mogą być to osoby, które zajmują się monitoringiem powietrza. Mogą być to również organizacje międzynarodowe, na przykład Europejskie Centrum Średnioterminowych Prognoz Pogody ECMWF. Jego pracownicy mogą asymilować nasze dane w prognozach pogody. Wyniki naszych pomiarów mogą być również wykorzystywane przy tworzeniu prognoz jakości powietrza oraz prognoz pylenia alergenowego. Oczywiście w dużej mierze wykorzystują je na całym świecie również naukowcy, którzy następnie publikują różnego rodzaju opracowania z naszych danych. Rzecz jasna, korzystamy z nich też sami. *(Śmiech)* Polska jest członkiem założycielem ACTRIS-ERIC. Proces jej tworzenia trwał wiele lat, ale odbywał się ponad podziałami. Niezależnie od panujących władz rozumiłano, jak ważną jest ta infrastruktura badawcza. Mieści się ona obecnie w 7 lokalizacjach, a nasza stacja w Warszawie jest nie tylko jedną z nich, ale też najbardziej zaawansowaną.

**A.J.: Co w trosce o kondycję atmosfery i środowiska generalnie chciałaby Pani Profesor przekazać nam, zwykłym obywatelom planety Ziemia?**

**I.S.:** Wydaje mi się, że naszym największym problemem jest to, że jesteśmy społeczeństwem bogatym. Przystaliśmy oszczędzać. Nie oszczędzamy energii elektrycznej ani wody, nie stosujemy torebek wielorazowych, produkujemy mnóstwo śmieci, zużywamy za dużo plastyku i opakowań, nie kupujemy lokalnego jedzenia na rynek. To są nasze podstawowe błędy. Nie zastanawiamy się nad tym, że kiedy byliśmy dziećmi i brało się prysznic, to odkręcało się wodę, człowiek się nią oblewał, następnie namydlał się i mył już przy zakreconym kurku. Wodę ponownie się odkręcało tylko w celu spłukania się z mydlin. I to wystarczyło. Człowiek był czysty. Teraz woda się leje, bo nas na to stać. Przez to, że staliśmy się bogatsi, przestaliśmy dbać o środowisko naturalne. Być może musimy dotrzeć do punktu, w którym będziemy już tak bogaci, że z fanaberii zechcemy dbać o środowisko. Na razie tego brakuje, a to jest właśnie coś, co możemy zrobić dla naszej planety. Zamiast wsiadać do samochodu, aby udać się do sklepu położonego zaledwie kilometr dalej, wybierzmy jazdę rowerem. Postawmy sobie cel, że w ciągu tygodnia nie wyprodukujemy więcej niż pięć litrów śmieci. To jest możliwe. Nie wyrzucamy jedzenia. Kupujemy go zdecydowanie za dużo, ale jeżeli faktycznie już tak się dzieje, starajmy się przynajmniej maksymalnie je spożytkować. Zaczniemy od tego typu drobnych działań. W naszym domu staramy się o tym wszystkim pamiętać i postępować zgodnie z tymi prostymi zasadami. Uważamy, że zdaje to egzamin i jest dobrze. Postaramy się wszyscy!

**A.J.: Serdecznie dziękuję za ten niezwykle ważny apel. Niech przestanie Pani Profesor towarzyszy nam w naszych domach każdego dnia, a otaczający nas świat zmieni się na lepszy. Dziękuję za rozmowę.**

**I.S.:** Mocno w to wierzę i również bardzo dziękuję.

