ZAŁĄCZNIK 2
do wniosku habilitacyjnego
dr inż. Joanna Strużewska

Autoreferat w języku polskim
wraz informacją o współpracy naukowej, osiągnieciach dydaktycznych i działalności organizacyjnej

AUTOREFERAT

Dr inż. Joanna Strużewska

Spis treści:

1. Imię i Nazwisko 2
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej. 2
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych 2
4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.): 3
   a) tytuł osiągnięcia naukowego 3
   b) osiągnięcie naukowe - lista publikacji, ... 3
   c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania. 7
      Znaczenie problemu: 7
      Cel badań: 9
      Opis cyklu publikacji i związanych prac badawczych: 10
      Wdrożenia i zastosowania praktyczne 19
      Podsumowanie osiągnięć przedstawionych w cyklu publikacji 20
      Wcześniejsze prace dotyczące ozonu troposferycznego nie ujęte w cyklu 23
      Bieżące kierunki moich badań dotyczące ozonu troposferycznego 24
5. Pozostałe osiągnięcia naukowo – badawcze. 26
   5.1. Analizy scenariuszy zmian emisji 26
   5. 2. Udoskonalanie narzędzi obliczeniowych i współpraca w zakresie harmonizacji modeli jakości powietrza 28
   5.3. Modelowanie zanieczyszczeń pyłowych 29
   5.4. Wykorzystanie obserwacji satelitarnych w badaniach jakości powietrza 31
   5.5. Badania klimatu miast 31
6. Współpraca międzynarodowa 33
7. Osiągnięcia dydaktyczne 36
8. Działalność organizacyjna 40

1. Imię i Nazwisko

Joanna Strużewska

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- Doktor nauk technicznych – grudzień 2002, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej
  Tytuł rozprawy: „Wpływ warunków meteorologicznych na kształtowanie się epizodów ozonowych w dolnej troposferze"
  Promotor: dr hab. Anna Madany
  Recenzenci:
  prof. dr hab. Janusz Borkowski, prof. dr hab. Szymon Malinowski
- Magister inżynier (specjalność – systemy ochrony środowiska, meteorologia techniczna) – czerwiec 1997, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej
  Tytuł rozprawy: „Porównanie własności schematów parametryzacji turbulencji w modelach granicznej warstwy atmosfery"
  Promotor: dr hab. Lech Łobocki, prof. PW

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Od 2017 – Zakład Modelowania Atmosfery i Klimatu, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Od 2003 – adiunkt, Zakład Meteorologii i Ochrony Atmosfery, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej (obecnie Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska)

2002–2003 – asystent, Zakład Meteorologii i Ochrony Atmosfery, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

1997–2002 – studium doktoranckie, Instytut Systemów Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

Zastosowana w treści numeracja publikacji zgłoszonych w cyklu [A], pozostałych publikacji z listy JCR [B], innych przyczynków [C], raportów [R] oraz doniesień konferencyjnych międzynarodowych [D, F] i krajowych [E, G] odwołuje się do numeracji w spisach zamieszczonych w części „Wykaz dorobku".

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

Osiągnięciem naukowym, będącym przedmiotem wniosku, jest cykl złożony z siedmiu publikacji, spośród których sześć to artykuły opublikowane w wiodących czasopismach naukowych z listy filadelfijskiej (Załącznik 5). Dodatkowy przyczynek zdecydowałam się włączyć do cyklu ze względu na fakt, iż opisane w nim badania były istotne dla przedstawienia rozwoju prowadzonych przez mnie prac badawczych oraz zastosowań praktycznych.

Wszystkie przedstawione w cyklu publikacje są dziełami zbiorowymi, w przypadku sześciu (w tym pięciu z IF) jestem ich pierwszym autorem, z największym wkładem pracy, potwierdzonym oświadczeniami współautorów (oświadczenia współautorów w Załączniku 6).

Za trzy z przedstawionych publikacji uzyskałam trzykrotnie nagrodę Rektora Politechniki Warszawskiej (Załącznik 8). Dwie najnowsze publikacje zostały zgłoszone do nagrody Rektora Politechniki Warszawskiej w bieżącym roku.

a) tytuł osiągnięcia naukowego

Wieloskalowe aspekty procesów kształtujących poziom stężeń ozonu troposferycznego w Europie

b) osiągnięcie naukowe - lista publikacji

- Przedstawione publikacje ukazały się w latach 2008–2016
- Łączny IF publikacji przestawionych jako cykl (na podstawie wartość IF z roku opublikowania) wynosi 25.224 wg. WoS (całkowity sumaryczny IF - 33.739)

- Łączna liczba cytowań dla publikacji włączonych do cyklu wynosi – 67 wg. WoS (całkowita liczba cytowań 93)
- Oświadczenia współautorów przedstawiono w Załączniku 6
- Artykuły i opis badań uporządkowane są chronologicznie

Wyciąg z bazy Web of Science znajduje się w Załączniku 7.

Autorzy, tytuł, wydawnictwo, rok	Udział własny [%]	Cytowania WoS	IF roku publ.
A1. Kaminski, J. W., Neary, L., Struzewska, J., McConnell, J. C., Lupu, A., Jarosz, J., Toyota, K., Gong, S. L., Côté, J., Liu, X., Chance, K., and Richter, A.: GEM-AQ, an on-line global multiscale chemical weather modelling system: model description and evaluation of gas phase chemistry processes, *Atmos. Chem. Phys*., 8, 3255-3281, 2008 *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na:* • *przygotowaniu emisji antropogenicznych i biogennych dla substancji gazowych* • *opracowaniu parametryzacji mokrej depozycji dla substancji gazowych uwzględniającej wymywanie podchmurowe.* • *autorstwie części manuskryptu*	20% (12 współ-autorów)	37	4,927
A2. Struzewska, J. and J. W. Kaminski, Formation and transport of photooxidants over Europe during the July 2006 heat wave – observations and GEM-AQ model simulations, Atmos. Chem. Phys., 8, 721-736, 2008 *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na* • *zebraniu i przetworzeniu danych pomiarowych (meteorologicznych i jakości powietrza)* • *przygotowaniu danych emisyjnych do symulacji* • *analizie i interpretacji wyników modelowania* • *porównaniu wyników modelowania z obserwacjami* • *dokonaniu przeglądu literatury dotyczącej fal upałów w Europie* • *autorstwie manuskryptu*	60%	20	4,927

A3. Struzewska. J, Kaminski J.W., 2010, Semi-operational air quality forecast for Poland and Central Europe with the GEM-AQ model Proceedings of the 13th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, ARIA Technologies, pp. 148-152, ISBN 2-8681-5062-4 *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na:* • *przygotowaniu danych emisyjnych do symulacji* • *analizie i interpretacji wyników modelowania* • *zebraniu i przetworzeniu danych pomiarowych (meteorologicznych i jakości powietrza)* • *porównaniu wyników modelowania z obserwacjami* • *napisaniu wstępnej wersji manuskryptu*	70%	Nie dotyczy spoza WoS	Nie dotyczy spoza WoS
A4. Struzewska, J. and J.W. Kaminski, Impact of urban parameterization on high resolution air quality forecast with the GEM – AQ model, Atmos. Chem. Phys., 12, 10387-10404 doi:10.5194/acp-12-10387-2012, 2012. *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na:* • *rozpoznaniu działania parametryzacji miasta w modelu GEM-AQ* • *przygotowaniu danych terenowych opisujących strukturę miast dla obszaru modelowania* • *wyborze okresów analizy* • *pozyskaniu danych pomiarowych* • *analizie i interpretacji wyników* • *napisaniu wstępnej wersji manuskryptu (w tym dokonaniu przeglądu literatury zamieszczonego w manuskrypcie)*	60%	6	5,51
A5. Struzewska, J., Zdunek, M., Kaminski, J. W., Lobocki, L., Porebska, M., Jefimow, M., and Gawuc, L.: Evaluation of the GEM-AQ model in the context of the AQMEII Phase 1 project, Atmos. Chem. Phys., 15, 1471-1522, doi:10.5194/acp-15-1471-2015, 2015 *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na:* • *przygotowaniu emisji antropogenicznych i biogennych do realizacji symulacji*	35% (7 współ-autorow)	2	5,053

• *opracowaniu koncepcji ewaluacji modelu (stratyfikacja danych wg. regionów, sezonów, typów stacji)* • *interpretacji wyników badań* • *napisaniu wstępnej wersji manuskryptu*			
A6. Struzewska J, J.W. Kaminski, M. Jefimow, Application of model output statistics to the GEM-AQ high resolution air quality forecast, Atmospheric Research, Volume 181, 15 November 2016, Pages 186-199, ISSN 0169-8095, http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.06.012. *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na:* • *kierowaniu pracami związanymi z prognozą operacyjną dla Małopolski* • *przygotowaniu danych emisyjnych do symulacji* • *wyborze zmiennych objaśniających* • *wyborze metod stratyfikacji danych* • *napisaniu wstępnej wersji manuskryptu*	60%	2	3,778
A7. Struzewska J. and M. Jefimow, A 15-Year Analysis Of Surface Ozone Pollution In The Context Of Hot Spells Episodes Over Poland, Acta Geophysica. ISSN (Online) 1895-7455, DOI: 10.1515/acgeo-2016-0067, September 2016 *Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na:* • *kierowaniu projektem (grant NCN)* • *opracowaniu koncepcji analizy* • *interpretacji wyników* • *napisaniu wstępnej wersji manuskryptu (w tym dokonanie przeglądu literatury zamieszczonego w manuskrypcie)*	Udział własny 70%	0	IF 0,968

Publikacje uwzględnione w przedstawianym przez mnie cyklu odnoszą się do prac realizowanych w okresie od 2003 do 2016 roku. Badania związane ze zmiennością rozkładu stężeń ozonu w Europie, nieujęte w cyklu, były wcześniej przeze mnie prowadzone w ramach projektu CityDelta-I (2001–2003), grantu własnego KBN nt. „Studium modelowe scenariuszy ograniczania emisji zanieczyszczeń atmosferycznych w lokalnych strategiach ograniczania smogu ozonowego" (2002–2004) oraz

międzynarodowego projektu Escompte Modelling Exercise (2001–2008). Wyniki tych prac zostały przedstawione w sekcji „**Wcześniejsze prace dotyczące ozonu troposferycznego nieujęte w cyklu**” (str. 23).

Ujęte w cyklu publikacje przedstawiają wyniki prac, głównie z wykorzystaniem modelowania numerycznego, w skali globalnej [A1], kontynentalnej [A2, A5], regionalnej [A3] oraz lokalnej [A5, A6, A7]. Uogólnione wnioski wynikające z publikacji w cyklu przedstawiłam w sekcji „**Podsumowanie osiągnięć przedstawionych w cyklu publikacji”** (str. 20). Ponieważ prowadzone przeze mnie prace badawcze znalazły istotne zastosowanie praktyczne w formie systemowego wsparcia krajowej polityki jakości powietrza, ten aspekt opisałam w sekcji „**Wdrożenia i zastosowania praktyczne”** (str. 19). Zamieściłam też opis moich bieżących badań nad zmiennością ozonu troposferycznego w sekcji „**Bieżące kierunki moich badań dotyczące ozonu troposferycznego**” (str. 24).

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Znaczenie problemu:

Ozon troposferyczny jest zanieczyszczeniem powietrza, które od połowy XX w. budzi zainteresowanie zarówno środowisk naukowych, jak i decydentów. W wysokich stężeniach związek ten oddziałuje szkodliwie na organizm człowieka (drogi oddechowe, śluzówka) i na metabolizm roślin. Z tego względu zarówno dyrektywy Unii Europejskiej, wytyczne Światowej Organizacji Zdrowia, jak i krajowe regulacje prawne określają dopuszczalne poziomy stężeń ozonu przyziemnego, w odniesieniu do kryterium zdrowotnego oraz ochrony roślin. Europejska Agencja Środowiska co roku publikuje raport dotyczący poziomu zanieczyszczenia ozonem w Europie w okresie letnim.

Przekroczenia wartości normowanych, określonych dla stężeń ozonu, mogą wynikać zarówno z podwyższonego tła stężeń, jak i z występowania kilkudniowych okresów szczególnie wysokich stężeń (tak zwane epizody fotochemiczne). Pomimo działań podejmowanych od lat w Europie na rzecz ograniczania emisji tlenków azotu, które są głównym prekursorem w cyklu przemian chemicznych, wartości stężeń tła ozonu zmieniają się nieznacznie.

Ozon troposferyczny jest substancją powstającą jako zanieczyszczenie wtórne, w łańcuchu reakcji z udziałem tlenków azotu i węglowodorów. Kluczowym ogniwem cyklu produkcji ozonu są przemiany fotochemiczne, co determinuje występowanie najwyższych stężeń zazwyczaj w okresach, w których występuje wysokie nasłonecznienie przy bezchmurnej pogodzie. Dodatkowym czynnikiem jest temperatura, której wzrost powoduje zmianę tempa zachodzenia reakcji chemicznych i jednocześnie zwiększoną emisję reaktywnych węglowodorów biogennych, będących ważnymi prekursorami ozonu w troposferze.

Ponieważ zarówno promieniowanie słoneczne i temperatura, jak i poziom emisji ze źródeł antropogenicznych zmieniają się w cyklu dobowym, cykl dobowy jest dominującą charakterystyką zmienności krótkookresowej ozonu.

Na przebiegające w cyklu dobowym procesy dynamiczne i chemiczne w granicznej warstwie atmosfery nakładają się procesy zachodzące w atmosferze swobodnej. Zarówno wymiana pomiędzy warstwą graniczną i atmosferą swobodną, jak i pomiędzy górną troposferą i stratosferą (tak zwane intruzje stratosferyczne) powoduje, że trójwymiarowa struktura rozkładu ozonu w troposferze jest bardzo złożona.

Ewolucja krótkotrwałych (zazwyczaj kilkudniowych) epizodów wysokich stężeń ozonu jest uzależniona od szeregu czynników. Za jeden z ważniejszych należy uznać typ cyrkulacji, gdyż determinuje on nie tylko kierunek napływu, warunkujący poziom zanieczyszczenia mas powietrza, ale także warunki meteorologiczne sterowane procesami synoptycznymi. Czynnikiem silnie zwiększającym prawdopodobieństwo wystąpienia krótkotrwałych, lecz wysokich stężeń ozonu, jest zapylenie związane z unosem aerozolu pochodzącego z płonącej biomasy, który na skutek zmiany absorbcji i rozproszenia promieniowania wpływa na prędkości reakcji fotochemicznych.

Poziom tła stężeń ozonu jest wypadkową występowania opisanych powyżej zjawisk krótkookresowych i cyklu rocznego. W zagadnieniach związanych z zarządzeniem jakością powietrza, ze względu na definicję indeksów ekspozycji na podwyższone stężenia ozonu troposferycznego konieczne jest uwzględnianie zmienności stężeń z 1-godzinną rozdzielczością czasową. Wobec złożoności procesów atmosferycznych rządzących rozkładem ozonu w troposferze ograniczenie się wyłącznie do pomiarów naziemnych znacząco ogranicza możliwość interpretacji, podczas gdy wykorzystanie deterministycznych modeli otwiera szerokie możliwości analiz i interpretacji związków przyczynowo-skutkowych.

Numeryczne modele deterministyczne są również narzędziem umożliwiającym określenie efektywności możliwych działań zaradczych, zarówno w krótkich kilkudniowych epizodach, jak też i długookresowego tła w przypadku ozonu. Analizy efektywności ograniczania emisji prekursorów są dość skomplikowane. Jak wspomniano, ozon jest zanieczyszczeniem wtórnym, a tempo jego produkcji jest warunkowane stosunkiem stężeń grup prekursorów – tlenków azotu, biorących bezpośredni udział w procesie fotolizy oraz węglowodorów, które są źródłem wolnych rodników. W zależności od proporcji tych grup substancji, działania związane z redukcją prekursorów mogą przynosić różne efekty, łącznie ze wzrostem stężeń ozonu, o ile redukcja następuje w rejonach, gdzie proporcja emisji NO_x w stosunku do emisji węglowodorów jest wysoka.

Stopień złożoności procesów wpływających na tło stężeń ozonu w troposferze i na charakter jego zmienności sprawia, że głównym narzędziem badawczym, pozwalającym na weryfikację hipotez związanych ze zmiennością ozonu w troposferze stały się numeryczne modele deterministyczne, uwzględniające przemiany fotochemiczne, transport z górnych warstw troposfery i dolnej stratosfery oraz szereg procesów fizyko-chemicznych.

Cel badań:

Badania zamienności ozonu troposferycznego, z wykorzystaniem deterministycznych modeli numerycznych chemii i dynamiki atmosfery (tzw. modele „pogody chemicznej") stanowią główną oś mojej działalności naukowej. W badaniach naukowych staram się łączyć potencjał, jaki daje mi wykształcenie w kierunku meteorologii technicznej z doświadczeniami z zakresu chemii atmosfery zdobytymi w trakcie realizacji pracy doktorskiej.

Celem podejmowanych przez mnie badań naukowych jest interpretacja procesów meteorologicznych, kształtujących zmienność stężeń ozonu w troposferze nad Europą w rożnych skalach przestrzennych, w szczególności w kontekście powstawania epizodów fotochemicznych. Wobec powszechnej dostępności danych z naziemnych stacji monitoringowych większość studiów skupia się na badaniu zmienności ozonu przy powierzchni ziemi, ewentualnie w połączeniu z warunkami meteorologicznymi, ale bez szerszego kontekstu synoptycznego. W skali regionalnej w

odniesieniu do zanieczyszczenia ozonem interpretacji poddawane są zazwyczaj obszary charakteryzujące się najwyższymi stężeniami w sezonie letnim. Zainteresowanie decydentów, jakkolwiek przyczyniające się do zwiększenia zainteresowania naukowego problematyką ozonu w troposferze, sprzyja formułowaniu uproszczonych interpretacji, w których głównym czynnikiem jest poziom emisji prekursorów pochodzenia antropogenicznego lub zależność poziomu stężeń ozonu od temperatury powietrza.

Mam nadzieję, że wyniki moich badań, zmierzające do kompleksowej diagnozy różnych aspektów kształtowania się wysokich stężeń ozonu troposferycznego w kontekście procesów meteorologicznych w różnych skalach, przyczyniają się do lepszego poznania i zrozumienia tego zjawiska nad obszarem Europy Środkowej

Opis cyklu publikacji i związanych prac badawczych:

A1. Kaminski, J. W., Neary, L., Struzewska, J., McConnell, J. C., Lupu, A., Jarosz, J., Toyota, K., Gong, S. L., Côté, J., Liu, X., Chance, K., and Richter, A.: GEM-AQ, an on-line global multiscale chemical weather modelling system: model description and evaluation of gas phase chemistry processes, Atmos. Chem. Phys., 8, 3255-3281, 2008

W latach 2003–2007 brałam udział w pracach międzynarodowego konsorcjum MAQNet (Multiscale Air Quality Network) mających na celu stworzenie globalnego modelu chemii troposfery i jakości powietrza poprzez implementację modułów chemicznych, fotochemicznych i aerozolowych do kanadyjskiego modelu prognoz pogody GEM (Global Environmental Multiscale Model).

Zwieńczeniem mojej współpracy z konsorcjum MAQNet nad rozwojem modelu GEM-AQ jest współautorstwo publikacji [A1]. W artykule tym przedstawiono szczegółowy opis modułu chemicznego oraz kompleksową ewaluację modelu w odniesieniu do związków gazowych. Celem przedstawionej w publikacji analizy było **zbadanie zdolności stworzonego modelu do odtworzenia obserwowanej zmienności sezonowej oraz rozkładu przestrzennego substancji chemicznych w atmosferze, na podstawie 5-cio letniej symulacji (2001–2005) w skali globalnej na siatce o rozdzielczości 1.5°x1.5°. Wyniki modelu GEM-AQ zostały porównane z obserwacjami satelitarnymi z instrumentów GOME, SCIAMACHY i MOPITT, sondażami ozonowymi z eksperymentu SHADOZ oraz profilami klimatologicznymi opracowanymi przez Logan (1999), a także pomiarami**

naziemnymi z WDCGG oraz pomiarami lotniczymi z eksperymentu TRACE-A. Wykazano ogólną dobrą zgodność modelu z obserwacjami, wskazano również na konieczność udoskonalenia parametryzacji transportu pionowego przy głębokiej konwekcji oraz potrzebę użycia dokładniejszych danych dotyczących emisji z płonącej biomasy. Publikacja ta, będąca podstawową referencją dla modelu GEM-AQ, stanowi podsumowanie projektu MAQNet. Zbudowany w ramach tego projektu model wniósł nową jakość w zakresie modelowania chemii troposfery. W momencie wprowadzania do użytku model GEM-AQ łączył dwie nowatorskie cechy – wieloskalowość osiągniętą dzięki niejawnej aproksymacji wyrazów związanych z modami szybkimi oraz sprzężenie on-line modelu meteorologicznego z modułem jakości powietrza.

Współautorstwo artykułu oraz dostęp do najnowszego kodu modelu pozwoliły mi na prowadzenie dalszych prac nad zastosowaniem modelu GEM-AQ w wyższej rozdzielczości do obszaru Europy Środkowej i Polski. Inne prace związane z wykorzystaniem omówionych powyżej wyników prezentowałam na forum międzynarodowym i krajowym [C8, D22, D23, F49].

A2. Struzewska, J. and J. W. Kaminski, Formation and transport of photooxidants over Europe during the July 2006 heat wave – observations and GEM-AQ model simulations, Atmos. Chem. Phys., 8, 721-736, 2008

Publikacja [A2] jest kontynuacją tematyki podjętej przeze mnie w pracy doktorskiej i poruszanej w kilku późniejszych pracach, dotyczącej wpływu sytuacji synoptycznej na charakter epizodów ozonowych w skali regionalnej. Celem pracy było zbadanie przypadku fali upałów nad Europą Środkową w okresie pierwszych dwóch tygodni lipca 2006 roku, a także ocena wpływu wysokich temperatur, które wówczas wystąpiły, na zanieczyszczenie fotochemiczne w tym regionie. Problem ten jest istotny, ponieważ prognozy zmian klimatu regionalnego dla Europy Środkowej wskazują na prawdopodobne zwiększenie się częstości występowania zjawisk ekstremalnych, w tym między innymi fal upałów. Ocena wpływu takich przypadków na zanieczyszczenie fotochemiczne jest zatem konieczna jako element analizy skuteczności strategii redukcji emisji.

Studium rozwoju sytuacji synoptycznej w trakcie fali upałów oraz formowania się i transportu zanieczyszczeń fotochemicznych przeprowadziłam na podstawie wyników symulacji modelem GEM-AQ. Model został użyty z wykorzystaniem

konfiguracji siatki o rozdzielczości ~15km nad całym kontynentem europejskim. **Analizy wykazały, iż w warunkach fali upałów wpływ wysokich temperatur na powstawanie epizodu ozonowego jest uzależniony od kilku czynników, m.in. typu cyrkulacji, wielkości strumienia promieniowania oraz wielkości antropogenicznej emisji NOx. Zakładając częstsze występowanie tego typu zjawisk ekstremalnych w Europie Środkowo-Wschodniej, można spodziewać się wzrostu indeksów AOT40[1] i SOMO35[2], jakkolwiek przekroczenia progu informowania i ostrzegania społeczeństwa ograniczać się będą do obszarów silnie uprzemysłowionych lub/i zurbanizowanych.** Dodatkowym celem pracy była ocena sprawdzalności modelu w warunkach długotrwałego epizodu ozonowego, celem potwierdzenia jego przydatności do krótkoterminowych prognoz jakości powietrza dla obszaru Polski. Wyniki modelowania porównałam z pomiarami naziemnymi oraz sondażami pionowymi dla parametrów meteorologicznych oraz ozonu i tlenków azotu. Obliczone miary błędów modelu, jak również analiza zmienności serii czasowych dla wybranych parametrów wykazały zadowalającą zgodność modelu z obserwacjami.

Praca znalazła uznanie w europejskim środowisku naukowym i potraktowana została jako studium pilotażowe do sformułowania pierwszego etapu międzynarodowego projektu AQMEII, którego celem była porównawcza analiza wyników modelowania jakości powietrza w nietypowych warunkach meteorologicznych.

A3. Strużewska. J, Kaminski J.W., 2010, Semi-operational air quality forecast for Poland and Central Europe with the GEM-AQ model Proceedings of the 13th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, ARIA Technologies, pp. 148-152, ISBN 2-8681-5062-4

W roku 2007 zostałam delegowana jako przedstawiciel Polski z ramienia Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego do Komitetu Zarządzającego akcji COST ES 0602 „Towards a European Network on Chemical Weather Forecasting and Information Systems". Udział w tym projekcie pozwolił na wykorzystanie wczesniej

---

1 $$AOT40 = \int_{t=8.0godz/1-maja}^{20godz/31-lipca} \max\left[\left(O_3^{1h}(t) - 80\mu g/m^3\right), 0.0\right] \cdot godzina$$

2 $$SOMO35 = \int_{i=1}^{365} \max\left[\left(O_3^{8h}(i) - 70\mu g/m^3\right), 0.0\right] \cdot doba$$

zdobytych doświadczeń do prac związanych z budową prototypu systemu prognostycznego jakości powietrza. W tamtym okresie Polska jako jedyny kraj w Unii Europejskiej nie posiadała operacyjnego deterministycznego systemu prognostycznego jakości powietrza o zasięgu krajowym.

Prognoza semi-operacyjna została uruchomiona w czerwcu 2008 r., a następnie po kilkumiesięcznej przerwie poświęconej na wypracowanie optymalnej konfiguracji modelu wznowiona od lutego 2009. Wyniki prognoz było wielokrotnie prezentowane na konferencjach międzynarodowych i krajowych [D3, D17, D19, E6, F9, F11, F31, G1, G13, G16]

Jakkolwiek wykonywanie prognozy operacyjnej nie jest w ścisłym znaczeniu zadaniem naukowym, jednakże prace zmierzające do uruchomienia tego typu systemu wiązały się z dużym nakładem pracy badawczej mającej na celu ustalenie wrażliwości modelu na zmiany konfiguracji parametryzacji procesów fizycznych oraz oceny sprawdzalności prognoz meteorologicznych i jakości powietrza.

Zainicjowanie prognozy semi-operacyjnej i jej wstępne wyniki udokumentowane zostały w materiałach konferencyjnych 13th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Pomimo iż nie jest to publikacja w czasopiśmie punktowanym, stanowi ona znaczący element prezentowanego cyklu prac, ponieważ opisuje ważny etap mojej pracy badawczej i wdrożeniowej, bezpośrednio związany z tematyką przedstawianego cyklu.

Przyczynek ten dokumentuje zarazem wkład Polski do Akcji COST ES0602. Jako narzędzie obliczeniowe w prognozie semi-operacyjnej wykorzystany został model GEM-AQ [A1]. **W okresie od 20 lipca do 28 listopada 2009 roku prototyp systemu prognostycznego działał operacyjnie, dostarczając codziennie prognozę dla Europy Środkowej na kolejne trzy dni.** Prognoza obliczana była na tym etapie wyłącznie dla zanieczyszczeń gazowych (prezentowane były mapy stężeń ozonu, dwutlenku azotu, dwutlenku siarki i tlenku węgla). Rozdzielczość siatki obliczeniowej wynosiła około 25 km. Wyniki prognoz operacyjnych były publikowane na dedykowanej stronie ekoprognoza.pl, w postaci map obejmujących obszar całej Europy oraz Polski. **Równolegle do obliczeń operacyjnych, zrealizowane zostało szereg symulacji celem zbadania wrażliwości modelu na rozdzielczość siatki obliczeniowej i dobór parametryzacji procesów fizycznych, celem zoptymalizowania konfiguracji. Przeprowadzono także ewaluację wyników**

prognoz meteorologicznych i jakości powietrza. Dla ozonu, w przypadku większości stacji współczynnik korelacji wynosił 0.75 – 0.8, co wskazywało na dobrą zgodność wartości prognozowanych i obserwowanych w odniesieniu do zmian średnioterminowych oraz trendu wartości stężeń w analizowanym okresie. Błąd średni (MBE) był niewielki i wskazywał na brak systematycznego błędu – dla większości stacji MBE kształtował się w zakresie ±5 μg/m^3, zaś RMSE wynosił 22 ± 6 μg/m^3.

A4. Struzewska, J. and J.W. Kaminski, Impact of urban parameterization on high resolution air quality forecast with the GEM – AQ model, Atmos. Chem. Phys., 12, 10387-10404 doi:10.5194/acp-12-10387-2012, 2012.

W roku 2010 uzyskałam grant MNISW pt. „*Pogoda chemiczna* – wieloskalowy system prognozy jakości powietrza dla Polski". Celem projektu było zagwarantowanie dalszego rozwoju uruchomionego systemu prognostycznego. Zakres prac obejmował szereg zagadnień zarówno technicznych (automatyzacja systemu prognostycznego, aktualizacja informacji wejściowej w odniesieniu do danych emisyjnych i geofizycznych), jak i dokonanie wszechstronnej oceny sprawdzalności prognozy dla roku 2010 (również dla okresu poprzedzającego rozpoczęcie projektu). Celem głównym prac była ocena zdolności modelu do obliczania wysokorozdzielczej prognozy jakości powietrza oraz dodatkowo analiza wpływu parametryzacji miasta na prognozę meteorologiczną i stężeń zanieczyszczeń [C5, D16].

Wyniki dotyczące wpływu parametryzacji miasta na wartości stężeń zanieczyszczeń, m.in. ozonu, zostały opublikowane w wydaniu specjalnym czasopisma ACP „*Megacities: air quality and climate impacts from local to global scales*". Celem przedstawionych w artykule [A4] badań była ocena wpływu uwzględnienia efektów modyfikacji parametrów meteorologicznych nad obszarem miast na wyniki wysokorozdzielczej operacyjnej prognozy jakości powietrza realizowanej z wykorzystaniem modelu GEM-AQ. Przedstawiona praca została podjęta w celu zweryfikowania hipotezy o znaczeniu uwzględnienia zmian przepływu i efektów termicznych związanych z dużymi ośrodkami miejskimi na przemiany chemiczne i dyspersję zanieczyszczeń w krótkookresowej prognozie jakości powietrza, obliczanej w skali mezo-gamma.

Wyniki obliczeń wskazują, iż użycie parametryzacji miasta prowadzi do poprawy prognozy krótkoterminowej w obszarach miejskich i podmiejskich,

jednak ze względu na niedostateczną liczbę obserwacji i pokrycie przestrzenne stacji pomiarowych nie było możliwe jednoznaczne potwierdzenie tej tezy. Jakkolwiek ze względu na wielkość obszaru uwzględnionego w obliczeniach, pokrywającego znaczącą część Polski, opis użytkowania powierzchni w mieście był uproszczony, wyniki wskazują na prawidłową reakcję modelu w odniesieniu do wielkości zmian parametrów w różnych warunkach meteorologicznych.

Równolegle do prognozy operacyjnej przeprowadzono trzy eksperymenty obliczeniowe dla listopada, stycznia i marca. W każdym przypadku sytuacja meteorologiczna charakteryzowała się inną dynamiką. **W odniesieniu do ozonu stwierdzono, że różnice uzyskane w scenariuszu bazowym i uwzględniającym efekty meteorologii miejskiej były ściśle związane z przestrzenną zmiennością stężeń NO_2. Jako że w większości przypadków anomalia NO_2 była ujemna (prawdopodobnie ze względu na procesy mieszania wynikające ze zmiany stabilności atmosfery w związku z wyższą temperatura podłoża miejskiego), zaobserwowano nieznaczny wzrost prognozowanych wartości stężeń ozonu w obszarach miejskich.** W miesiącach wiosennych i letnich, gdy procesy fotochemiczne są aktywne, różnice wywołane uwzględnieniem parametryzacji miasta byłyby prawdopodobnie bardziej znaczące. Wpływ wykorzystania parametryzacji miasta miał wpływ na różnice wartości stężeń ozonu nie tylko w obszarze miejskim i podmiejskim, ale również w rejonach położonych zgodnie z kierunkiem wiatru od obszaru miejskiego oraz (na skutek nieznacznej modyfikacji reżimów chemicznych) w pobliżu dużych źródeł emisji.

Publikacja ta dokumentuje jednocześnie pierwszą w Polsce próbę zastosowania parametryzacji miasta w obliczeniach deterministycznym modelem meteorologicznym.

A5. Struzewska, J., Zdunek, M., Kaminski, J. W., Lobocki, L., Porebska, M., Jefimow, M., and Gawuc, L.: Evaluation of the GEM-AQ model in the context of the AQMEII Phase 1 project, Atmos. Chem. Phys., 15, 1471-1522, doi:10.5194/acp-15-1471-2015, 2015

W latach 2010–2013 Zakład Meteorologii i Ochrony Atmosfery Wydziału Inżynierii Środowiska PW brał udział we wspomnianym już międzynarodowym projekcie AQMEII (Air Quality Model Evaluation International Initiative – Phase 1). Na realizację wymaganych w projekcie zadań Zespół Meteorologii pozyskał środki

krajowe w ramach funduszy MNiSW na realizację projektów badawczych niewspółfinansowanych. Projekt zatytułowany „Identyfikacja mechanizmów transformacji zanieczyszczeń atmosfery w modelach jakości powietrza skali kontynentalnej" miał na celu poszerzenie wiedzy o przebiegu procesów transformacji zanieczyszczeń atmosfery, towarzyszących ich transportowi w skali kontynentalnej na podstawie wyników zaawansowanych modeli chemii atmosfery. W trakcie projektu, wykonane zostały długookresowe symulacje jakości powietrza w skali kontynentalnej z rozdzielczością przestrzenną rzędu dwudziestu kilometrów, przy wykorzystaniu danych udostępnionych uczestnikom projektu [D12, F32]. W ramach współpracy w obrębie projektu AQMEII uzyskane wyniki zostały dostarczone Wspólnotowemu Centrum Badawczemu w celu poddania analizie porównawczej, obejmującej kilkanaście wiodących modeli światowych. Wyniki modelu GEM-AQ dostarczone przez Zespół Meteorologii zostały wykorzystane w publikacji Solazzo et al. (2013). **Zestawienie z wynikami innych modeli pokazuje bardzo dobrą na tle wyników innych zespołów zgodność z obserwacjami, szczególnie dla ozonu.**

Publikacja [A5] podsumowuje wyniki badań Zespołu Meteorologii; jej główną wartością poza wykazaniem bardzo dobrej zdolności modelu do odtworzenia zmienności stężeń ozonu w różnych rejonach geograficznych Europy, jest także podjęcie **analizy sezonowego rozkładu pól stężeń ozonu nad Europą**. Obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem danych wejściowych dostarczonych w ramach projektu AQMEII, dla roku bazowego 2006, w którym wystąpiły specyficzne warunki meteorologiczne zarówno w okresie letnim, jak i zimowym.

Modelowany rozkład stężeń ozonu nad północno-wschodnią i wschodnią częścią Europy wykazuje niższe stężenia w okresie letnim niż w wiosennym. Prawdopodobną przyczyną takiego zjawiska jest postawiona we wcześniejszej publikacji [A2] hipoteza o adwekcyjnym charakterze epizodów ozonowych w Europie wschodniej i rola blokad wyżowych w okresie letnim. Podwyższone stężenia ozonu w okresie jesiennym i zimowym nad obszarami górskimi są wynikiem modelowanego transportu pionowego z górnej troposfery. W miesiącach wiosennych i letnich najwyższe stężenia model wskazał nad regionami charakteryzującymi się najwyższą emisją, co wynika z dominującej w tym okresie produkcji fotochemicznej ozonu.

A6. Struzewska J, J.W. Kaminski, M. Jefimow, Application of model output statistics to the GEM-AQ high resolution air quality forecast, Atmospheric Research, Volume 181, 15 November 2016, Pages 186-199, ISSN 0169-8095, http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.06.012.

Od roku 2010 rozwija się moja współpraca z urzędem Marszałkowskim Województwa Małopolskiego w zakresie operacyjnego prognozowania zanieczyszczenia powietrza na potrzeby informowania społeczeństwa w woj. małopolskim i w Krakowie. Do roku 2016 byłam kierownikiem prac związanych z serwisem operacyjnym oraz kierowałam dodatkowymi pracami naukowymi związanymi z realizacją zadań powierzonych przez Urząd Marszałkowski. Zakres prognozy obejmował wartości maksymalne dobowe i wartości średnie dla zanieczyszczeń gazowych (O_3, SO_2, NO_2, CO) oraz pyłu PM_{10} i $PM_{2.5}$ dla kolejnych trzech dni. Opracowywana była także informacja o obszarach prognozowanego wystąpienia przekroczeń normowanych poziomów stężeń zanieczyszczeń w celu publikacji komunikatów ostrzegawczych. Celem poprawy sprawdzalności prognoz dla obszarów miejskich prowadzone były prace nad statystyczną korektą prognoz deterministycznych w oparciu o metodę MOS (ang. *Model Output Statistics*).

Publikacja [A6] podsumowuje prace nad korektą statystyczną i przedstawia efektywność testowanych rozwiązań. Korekta statystyczna obejmowała sześć prognozowanych zanieczyszczeń – ozon, NO_2, SO_2, CO, PM_{10} i $PM_{2.5}$. **Ozon jako zanieczyszczenie wtórne potraktowano ze szczególną uwagą, wyniki sprawdzalności prognoz 24-godzinnych wykazywały bowiem, że dla większości stacji monitoringowych współczynnik korelacji był bardzo wysoki, ale amplituda prognozowanych zmian stężeń ozonu była wyższa od obserwowanej.**

W przypadku ozonu funkcje regresji zostały zbudowane zarówno dla średniej dobowej, jak i dla parametrów normowanych – najwyższej 8-godzinnej średniej kroczącej oraz maksymalnego stężenia w ciągu doby.

Do estymacji parametrów funkcji regresji użyto 2-letniej serii danych (2011–2013). Dane zostały podzielone na dwie próby – 75% (pierwsze 3 tygodnie każdego miesiąca) wykorzystano do estymacji parametrów funkcji regresji, zaś pozostałe 25% potraktowano jako próbę kontrolną. Kolejne 12 miesięcy zostało użyte jako próba weryfikacyjna.

Założono różne metody stratyfikacji danych (dla każdej z tych metod funkcje parametrów funkcji regresji były estymowane osobno):

- Brak stratyfikacji danych (jedna funkcja dla każdego zanieczyszczenia)
- Sezon chłodny (październik–marzec) i ciepły (kwiecień–wrzesień) (dwie funkcje dla każdego zanieczyszczenia)
- Progi temperatury: ≤ -10; $(-10, 0\rangle$; $(0, 10$; $(10, 20\rangle$; ≥ 20 (pięć funkcji dla każdego zanieczyszczenia)
- Kombinacja podziału na sezony, z uwzględnieniem progów temperaturowych (10 funkcji dla każdego zanieczyszczenia)

W przypadku ozonu bardziej złożone algorytmy stratyfikacji danych nie przyniosły znaczącej poprawy sprawdzalności dla okresu kontrolnego. Rezultaty uzyskane dla funkcji nieuwzgledniającej stratyfikacji można uznać za wystarczające z punktu widzenia efektywności korekty stężeń. **Dla okresu weryfikacyjnego porównywalne wyniki osiągnięto dla wariantu zakładającego podział ze względu na progi temperatury powietrza, jednakże odchylenie standardowe zmodyfikowanej prognozy słabiej odtwarzało obserwowany zakres zmienności niż w przypadku prognozy niezmodyfikowanej.** Wyniki analiz dla średniej dobowej, 8-godzinnej średniej kroczącej i maksymalnego stężenia dobowego ozonu dały zbliżone rezultaty.

Wyniki badań potwierdzają fakt, iż w przypadku ozonu, w warunkach klimatycznych Polski, stosowanie metod statystycznych do prognozowania i analiz zmienności czasowej stężeń ozonu przyziemnego może okazać się nieefektywne, a jedynym narzędziem pozwalającym na pełną analizę i dekompozycję procesów biorących udział w kształtowaniu zmienności stężeń ozonu są modele deterministyczne.

A7. Struzewska J. and M. Jefimow, A 15-Year Analysis Of Surface Ozone Pollution In The Context Of Hot Spells Episodes Over Poland, Acta Geophysica. ISSN (Online) 1895-7455, DOI: 10.1515/acgeo-2016-0067, September 2016

W roku 2011 uzyskałam grant NCN na realizację pracy „Wpływ zmian klimatu na jakość i zanieczyszczenie powietrza w Europie Środkowej" (2011/01/B/ST10/04739). Prace badawcze prowadzone były równolegle w dwóch grupach roboczych:

- Meteorologia i jakość powietrza w klimacie bieżącym – analiza ciągów obserwacyjnych [D13, D15]

- Meteorologia i jakość powietrza w przyszłym klimacie – analiza wyników modelu [E5, D10]

Wyniki analiz prowadzone przeze mnie w ramach pierwszej grupy roboczej, w odniesieniu do okresów występowania epizodów ozonowych w kontekście warunków termicznych w okresie letnim znalazły podsumowanie w publikacji [A7]. Analizie poddane zostały pomiary temperatury ze stacji synoptycznych z archiwum GSOD oraz stężenia ozonu z bazy danych AirBase. Ze względu na dostępność danych pomiarowych dla ozonu analizę przeprowadzono dla okresu 1997–2011. Dla każdego roku obliczona została liczba dni gorących (Tmax > 25°C) i upalnych (Tmax > 30°C). Ze względu na zanieczyszczenie powietrza ozonem zbadana została liczba dni z przekroczeniami progu informowania społeczeństwa (180 µg/m^3) oraz liczba dni z przekroczeniem 120 µg/m^3 w odniesieniu do 8-godzinnej średniej kroczącej stężeń ozonu. Obliczony został także wskaźnik zakumulowanej ekspozycji AOT60[3].

Epizody wysokich stężeń ozonu okazały się nie mieć bezpośredniego związku z wystąpieniem fal upałów w analizowanych obszarach. Ekspozycja na stężenia ozonu przekraczające 120 µg/m^3 w odniesieniu do 8-godzinnej średniej kroczącej wykazywała korelację z liczbą dni gorących.

Układ cyrkulacji warunkujący pochodzenie napływających mas powietrza jest kluczowym aspektem interpretacji związku występowania epizodów ozonowych i fal upałów, zwłaszcza w kontekście występowania okresów wysokich temperatur, podczas których normowane poziomy stężeń ozonu nie są przekraczane oraz występowania epizodów fotochemicznych w okresach, gdy temperatura nie przekracza 25°C.

Wdrożenia i zastosowania praktyczne

W roku 2008 Główny Inspektorat Ochrony Środowiska zdecydował się wykorzystać potencjał związany z modelowaniem rozkładu ozonu troposferycznego nad obszarem Polski do krajowego systemu zarzadzania jakością powietrza, co zaowocowało wdrożeniem modelowania jako standardu dla wsparcia ocen jakości powietrza w odniesieniu do ozonu troposferycznego. Brałam udział w zarówno w opracowaniu pilotażowym [C6, D20], w którym zaproponowałam standard

[3] Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 60 ppb =(120 µg/m^3)

opracowania[4], jak również w realizacji późniejszych ocen dla lat 2010–2011. Ocena zanieczyszczenia ozonem w skali kraju z wykorzystaniem modelowania w latach 2012–2013 była realizowana pod moim kierownictwem [D8, D9]. Pełne raporty, zawierające zarówno ocenę sprawdzalności modelu, jak i analizę obliczonych wskaźników ekspozycji wyrażonych liczbą dni znaleźć można na portalu GIOŚ powietrze.gios.gov.pl[5,6].

Od roku 2013 Główny Inspektorat Ochrony Środowiska wprowadził do systemu zarządzania jakością powietrza w Polsce prognozę zanieczyszczenia ozonem troposferycznym, wykonywaną modelem GEM-AQ. Prognoza jest dostarczana dla obszaru całej Polski i województw w rozdzielczości 5 km, dla kolejnych trzech dni, codziennie od 1 kwietnia do 30 września. Byłam kierownikiem pracy (udzielonej na podstawie przetargu i zamówienia publicznego DM/5102-20/2012/EP) dla lat 2013–2015, kieruję również realizacją bieżącego kontraktu (zamówienie publiczne WV220-1O/15/JK) dotyczącego krajowej prognozy ozonu dla lat 2016–2018. W ramach aktualnie realizowanej pracy w roku 2018 do cyklu prognostycznego została wdrożona asymilacja danych pomiarowych ozonu ze stacji naziemnych na terenie Polski, co jest nowatorskim rozwiązaniem nie tylko w skali Polski, ale również Europy, gdzie asymilacja jest obecnie dość powszechnie stosowana w przypadku oceny jakości powietrza, ale zastosowania w prognozie operacyjnej są nadal rzadkie.

Podsumowanie osiągnięć przedstawionych w cyklu publikacji

W przedstawionych w cyklu pracach skupiałam się na badaniach złożoności zmienności stężeń ozonu troposferycznego, zarówno w ujęciu przestrzennym, jak i w odniesieniu do zmienności czasowej. Wielkoskalowość problematyki ozonu troposferycznego jest podstawowym aspektem, który determinuje sposób analizy.

Model GEM-AQ odtwarza z bardzo dobrą dokładnością znane z obserwacji cechy globalnego przestrzennego rozkładu ozonu troposferycznego

[4] http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/documents/download/100621
[5] http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/documents/download/101100
[6] http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/documents/download/101321

oraz jego zmienność pionową, co wraz z resztą zespołu pracującego nad stworzeniem i rozwojem modelu GEM-AQ wykazaliśmy w publikacji [A1].

W pracy [A5] przedstawiona została sezonowa analiza modelowanego rozkładu stężeń ozonu nad Europą, obrazująca, w jakim stopniu rozkładem zanieczyszczenia wtórnego steruje klimatologia w skali synoptycznej oraz wyjaśniająca różnice w sezonowej zmienności obserwowane w różnych lokalizacjach w Europie. **Praca ta potwierdziła, iż w ujęciu średniorocznym i sezonowym ozon powinien być traktowany jako zanieczyszczenie skali kontynentalnej. Wyniki naszych badań nad obszarem Europy pokazują spójny rozkład, będący wypadkową charakterystyk klimatologicznych (temperatury, nasłonecznienia), topografii (transport z górnej troposfery w obszarach górskich, zwłaszcza w okresie zimowym) oraz rozkładu źródeł emisji.**

W przypadku zawężenia obszaru analizy do skali regionalnej znaczący wpływ na charakterystyki sezonowego rozkładu mają przypadki tak zwanych epizodów fotochemicznych, czyli okresów występowania podwyższonych stężeń ozonu. W publikacji [A2] analizie poddany został wpływ czynnika termicznego i cyrkulacyjnego na powstawanie długotrwałego epizodu w lipcu 2006. **Przyczynek ten jest istotny, ponieważ warunki termiczne w okresie letnim 2006 wykazywały znaczące odchylenia od średniej wieloletniej, a zjawiska, które wówczas występowały, można traktować jako potencjalne kierunki zmian w przyszłym klimacie. Przedstawiona analiza wskazuje na potencjalny bardzo duży wpływ czynnika adwekcyjnego, którego znaczenie zwiększa się w wyższych szerokościach geograficznych.**

Ponieważ wyniki modelowania we wszystkich przypadkach wskazują zależność ozonu od temperatury, przeprowadziłam dodatkową analizę bazującą na pomiarach stężeń ozonu i temperatury maksymalnej. Badania przedstawione w [A7] wykazały, **iż w Polsce epizody wysokich stężeń ozonu nie mają bezpośredniego związku z występowaniem fal upałów w analizowanych obszarach, ale wielkość ekspozycji na stężenia ozonu przekraczające 120 μg/m^3 w odniesieniu do 8-godzinnej średniej kroczącej wykazywała korelację z liczbą dni gorących.**

Lokalnie rozkład stężeń może być modyfikowany przez obszary miejskie. W pracy [A4] zostało wykazane, iż **uwzględnienie parametryzacji miasta, nawet w uproszczonej wersji, modyfikuje systematycznie wyniki prognoz ozonu, wykazując niższe wartości niż prognozowane dla tego samego obszaru bez**

uwzględnienia efektu oddziaływania struktur miejskich, przy założeniu tej samej wielkości strumienia emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

Publikacje [A3] i [A6] stanowią podsumowanie prac badawczych mających na celu zastosowania wdrożeniowe. Praca [A3] dokumentuje **wyniki analizy wrażliwości systemu prognostycznego, w odniesieniu do ozonu troposferycznego, na zmiany parametryzacji procesów meteorologicznych**, w celu uzyskania optymalnej konfiguracji modelu dla pracy operacyjnej w realizacji prognozy jakości powietrza. Praca [A6] dotyczy efektywności wdrożenia korekty statystycznej (MOS) celem poprawy prognoz deterministycznych. Poziom poprawy dokładności prognoz **uzyskany w przypadku ozonu był niższy niż w przypadku zanieczyszczeń pierwotnych, a prognozowane wartości stężeń ozonu nie wykazywały znaczących różnic w przypadku odmiennych strategii stratyfikacji danych wejściowych.** Wyniki tej pracy można traktować jako wskazówkę, iż stosowanie metod statystycznych do prognozowania i analiz zmienności czasowej stężeń ozonu przyziemnego w warunkach polskich może nie być efektywne.

We wszystkich pracach, w których jako narzędzie badawcze wykorzystany został model numeryczny chemii i dynamiki troposfery, istotnym komponentem pracy była ewaluacja wyników modelowania, mająca na celu wykazanie poprawności podejścia i dokładności modelu. **Potwierdzono zdolność modelu do odtwarzania długo- i krótkookresowych cech rozkładu ozonu troposferycznego w różnych rejonach świata [A1] i Europy [A2, A5], w różnych rozdzielczościach przestrzennych, a także z wykorzystaniem zróżnicowanych danych emisyjnych. Sukcesem zakończyło się wdrożenie modelu GEM-AQ do operacyjnej prognozy zanieczyszczenia ozonem w Polsce [A3, A6] oraz na potrzeby wsparcia rocznej oceny jakości powietrza w odniesieniu do ozonu troposferycznego.**

Rezultaty prowadzonych przez mnie prac zostały wdrożone jako element wsparcia krajowego systemu zarządzania jakością powietrza.

Wcześniejsze prace dotyczące ozonu troposferycznego nie ujęte w cyklu

Tematyka związana z ozonem troposferycznym jest kontynuacją badań prowadzonych przez mnie w ramach realizacji pracy doktorskiej, częściowo przedstawionych w publikacji Kamiński i inni 2002 [B5]. Artykuł ten, nie włączony w przedstawiany cykl, prezentował koncepcję, strukturę i wstępne wyniki modelu MC2-AQ, który w tym okresie był jednym z pierwszych na świecie modeli jakości powietrza typu *on-line*, uwzględniających kompleksowo przemiany fotochemiczne [C17, C18, D36, D41, F61].

W styczniu 2002 decyzją Komitetu Badań Naukowych uzyskałam grant indywidualny pt. „Studium modelowe scenariuszy ograniczania zanieczyszczeń atmosferycznych w lokalnych strategiach zwalczania smogu ozonowego" (3 P04G 079 22). Na podstawie szeregu symulacji numerycznych stwierdziłam, iż uzyskany efekt redukcji stężeń ozonu, jak też różnice pomiędzy scenariuszami, były mniejsze od oczekiwanych i niewspółmierne z ewentualnymi społecznymi i ekonomicznymi kosztami zastosowanej strategii (więcej w sekcji 5.1) [R6].

Jednym z ważniejszych moich projektów w odniesieniu do zastosowań modelu MC2-AQ w badaniach zmienności ozonu troposferycznego w Europie był realizowany w latach 2004–2006 projekt ESCOMPTE Modelling Exercise, koordynowany przez Meteo-France. W projekcie tym reprezentowałam Zakład Meteorologii i Ochrony Atmosfery ISIŚ PW, który był instytucją stowarzyszoną. Celem projektu było zweryfikowanie modeli jakości powietrza w złożonych warunkach terenowych i meteorologicznych. W trakcie eksperymentu ESCOMPTE przeprowadzono szereg kampanii pomiarowych, w okresach epizodów wysokich stężeń ozonu, których wyniki miały być poddane interpretacji na podstawie wyników modelowania. Bogata baza danych pomiarowych pozwalała również na dokonanie wszechstronnej ewaluacji modeli. Ważną wartością wynikającą z udziału w projekcie był dostęp do bardzo szczegółowej pod względem rozdzielczości przestrzennej i czasowej oraz zawartości związków bazy danych emisyjnych dla regionu Marsylii.

Publikacja [B4] dokumentuje część analiz zanieczyszczenia ozonem w rejonie Marsylii, wykonanych modelem MC2-AQ przez nasz zespół. Symulacje z wykorzystaniem modelu MC2-AQ były wykonane w trybie samozagnieżdżania z docelową rozdzielczością 1 km i 3 km. W przytaczanej publikacji zaprezentowano wyniki okresu obserwacyjnego IOP-2A (21–23 czerwca 2001 r.). Na podstawie wyników modelowania stwierdzono, że jakkolwiek wyniki w rozdzielczości 1km lepiej obrazują struktury drobnoskalowe bezpośrednio związane z topografią i rozkładem źródeł emisji, ewaluacja na podstawie serii czasowych przynajmniej dla niektórych lokalizacji wskazuje na możliwość występowania artefaktów w polu stężeń. Pogorszenie jakości prognozy w wyższej rozdzielczości mogło być spowodowane jakością danych emisji, w szczególności nieprecyzyjną informacją odnośnie do wysokości emisji zanieczyszczeń ze źródeł sklasyfikowanych jako powierzchniowe.

Inne prace związane z eksperymentem ESCOMPTE były przeze mnie wielokrotnie prezentowane za spotkaniach i konferencjach międzynarodowych [C15, C16, D27, D28, D30, D32, D35, D37, D39, F47, F48, F58, F59].

Analiza wpływu cyrkulacji lokalnych na przebieg epizodów ozonowych w rejonie Marsylii skłoniła mnie do podjęcia badań nad wpływem cyrkulacji bryzowej na poziom stężeń ozonu w rejonie Gdańska [D29].

Analizy dotyczące zmienności stężeń ozonu troposferycznego w powiązaniu z warunkami meteorologicznymi prowadziłam także w ramach projektu grantowego pt. „Dobór parametryzacji procesów meteorologicznych dla systemów modelowania jakości powietrza, w typowych sytuacjach smogowych na obszarze Polski" (MNiSW COST/1/2007). Pomimo iż charakterystyki turbulencji pokazywały różnice w rozwoju granicznej warstwy atmosfery (GWA) przy zastosowaniu różnych parametryzacji procesów fizycznych, na podstawie analizy stężeń ozonu w obrębie stwierdzono, że różnice te wpływały na rozkład stężeń z wysokością jedynie w niewielkim stopniu. Prace te stanowiły wstęp do zadań mających na celu ustalenie konfiguracji modelu dla prognoz operacyjnych [R5].

Bieżące kierunki moich badań dotyczące ozonu troposferycznego

Problematyka ozonu troposferycznego nadal znajduje się w centrum moich zainteresowań naukowo-badawczych.

Obecnie kieruję prowadzonym przez Politechnikę Warszawską, jako podwykonawcę Meteo-France, projektem stanowiącym część serwisu atmosferycznego Copernicus – CAMS_50 (Regional Production Services: operational delivery of the European scale air quality component of CAMS) [D2, E2, E4, G7]. Serwis ma na celu operacyjne dostarczanie produktów prognoz jakości powietrza w skali europejskiej, w rozdzielczości 10 km. Prognoza wiązkowa obliczana jest na podstawie 7 dotychczas używanych modeli operacyjnych, zaś trzy dalsze modele – wśród których jest GEM-AQ, zostały zaakceptowane przez Europejskie Centrum Prognoz Średnioterminowych (ECMWF) jako dodatkowe wsparcie i będą włączone do prognozy wiązkowej po wypracowaniu pełnej zgodności konfiguracji z modelami operacyjnymi i protokołem operacyjnym CAMS_50 w kolejnej fazie projektu (od czwartego kwartału roku 2018). W roku 2016 przeprowadzono dostosowanie nowych w CAMS_50 systemów prognostycznych i ewaluację dla okresu historycznego, której wyniki przekazano do ECMWF. Jednym z czterech zanieczyszczeń podlegających ewaluacji był ozon. W tym zakresie wyniki modelu GEM-AQ nie odbiegały dokładnością od wyników pozostałych modeli operacyjnych. W roku 2017, w odniesieniu do ozonu troposferycznego, wdrożono reanalizę z asymilacją pomiarów z naziemnych stacji monitoringu jakości powietrza z obszaru całej Europy. Wyniki tego eksperymentu wskazały, że wyniki reanalizy dla ozonu dla miesięcy letnich 2015 roku charakteryzuje się dokładnością zbliżoną do uzyskanej dla wiązki modeli operacyjnych. Projekt będzie trwał do października 2018 roku i stanowi unikalne w skali kraju osiągnięcie w zakresie współpracy międzynarodowej, gdyż jak dotąd jest jedynym projektem CAMS, w którym instytucja z Polski jest partnerem.

Kontynuuję prace związane z nadzorem nad krajową prognozą stężeń ozonu troposferycznego w okresie od kwietnia do września. W bieżącym okresie działania dotyczą przygotowań do wdrożenia asymilacji pomiarów ozonu ze stacji naziemnych w cyklu prognostycznym do korekty warunku początkowego [E3]. Prognoza stężeń ozonu z asymilacją została wznowiona od 1 kwietnia 2018.

W ramach badań własnych kontynuuję prace związane z analizą pionowego rozkładu ozonu w troposferze i zgodności z sondażami pionowymi ze stacji w Europie Środkowej [D6] oraz wpływem zapylenia z płonącej biomasy na krótkotrwałe wzrosty stężeń ozonu [G17].

Jestem także wykonawcą w grancie NCN nt. „Identyfikacja procesów prowadzących do anomalii zmienności całkowitej zawartości ozonu w średnich

szerokościach geograficznych półkuli północnej", realizowanym przez Instytut Geofizyki PAN.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo – badawcze.

Oprócz problematyki ozonu troposferycznego, który stanowi oś moich zainteresowań naukowych, prowadzę także prace związane z innymi obszarami badawczymi. Kierunki moich badań obejmują m.in.

1. Analizy scenariuszy zmian emisji.
2. Udoskonalanie narzędzi obliczeniowych i współpracę w zakresie harmonizacji modeli jakości powietrza.
3. Modelowanie zanieczyszczeń pyłowych.
4. Wykorzystanie satelitów w badaniach jakości powietrza.
5. Badania klimatu miast.

5.1. Analizy scenariuszy zmian emisji

Pierwsze próby analizy wrażliwości modelu na zmianę danych emisyjnych prowadziłam jeszcze w trakcie realizacji pracy doktorskiej. Wyniki badań zostały zaprezentowane na konferencji GEIA w 2001 [D40].

Jak wspomniano w sekcji „Wcześniejsze prace nie ujęte w cyklu", latach 2002–2004 kierowałam grantem indywidualnym pt. „Studium modelowe scenariuszy ograniczania zanieczyszczeń atmosferycznych w lokalnych strategiach zwalczania smogu ozonowego" (3 P04G 079 22) [R6]. Badania dla obszaru Śląska i Katowic zostały przeprowadzone dla epizodu letniego z wykorzystaniem modelu MC2-AQ. Największy spadek stężeń ozonu zaznaczał się w centrum smugi unoszącej się znad obszaru źródłowego (aglomeracji), zatem maksymalny efekt redukcji emisji był obserwowany poza obszarem aglomeracji katowickiej. W obszarze objętym scenariuszem ograniczenia emisji, w pobliżu dużych emitorów następował wzrost stężeń ozonu (ograniczenie emisji NO spowodowało słabszy efekt titracji ozonu w pobliżu źródeł). Wnioskować zatem można, że jakkolwiek stężenia maksymalne ozonu wskutek zastosowania scenariusza mogłyby ulec zmniejszeniu, osiągnięcie wymaganych standardów jakości powietrza nie było gwarantowane.

Doświadczenia zdobyte w trakcie realizacji grantu pozwoliły mi na wzięcie udziału w międzynarodowym projekcie CityDelta-1, w trakcie których badałam zanieczyszczenie ozonem dla założonych w projekcie scenariuszy emisyjnych dla trzech miast w Europie Środkowej – Berlina, Pragi i Katowic [D38].

W ostatnich latach w odniesieniu do analiz scenariuszy redukcji emisji brałam udział w badaniach wpływu emisji z transportu lotniczego na skład chemiczny atmosfery w Arktyce. Badania pozwoliły wykazać, iż obszary podlegające największej modyfikacji leżą w stratosferze, zaś wpływ na poziom stężeń przy powierzchni ziemi sięga kilku $\mu g/m^3$. [D7, F10, F12, F19, F21, F23, F26, G10].

Kolejny projekt, który zakończył się w listopadzie 2016 roku, dotyczył badań nad właściwościami aerozolu absorbującego nad obszarem europejskiej Arktyki (iAREA Impact of absorbing aerosols on radiative forcing in the European Arctic (Pol-Nor/196911/38/2013). Projekt był realizowany w ramach współpracy polsko-norweskiej, a instytucją koordynującą był Instytut Geofizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Brałam aktywny udział w pracach dotyczących modelowania (WP5). W pod-zadaniu związanym z oceną wpływu transportu morskiego na poziom zanieczyszczenia aerozolem absorbującym w europejskiej Arktyce zdecydowaliśmy się rozszerzyć obszar analiz na cały region euroatlantycki i oprócz pyłów uwzględnić zanieczyszczenia gazowe. Wyniki prac nad udziałem transportu morskiego na zanieczyszczenia powietrza w Europie, w ujęciu sezonowym, były prezentowane na konferencji międzynarodowej i krajowej [D5, G8].

W roku 2017 brałam udział w projekcie prowadzonym przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, dotyczącym rozwoju elektromobilności w Polsce. Analizowałam wpływ zmian emisji w sektorze produkcji i energii oraz sektorze transportu na jakość powietrza w Polsce w horyzoncie do roku 2030, ogółem dla dziewięciu scenariuszy. Ponieważ energia elektryczna w Polsce pochodzi głównie ze źródeł konwencjonalnych, efekt ekologiczny rozwoju floty samochodów elektrycznych nie jest jednoznaczny. Jedynie w przypadku założenia, że zwiększone zapotrzebowanie na energię będzie w całości pokrywane ze źródeł odnawialnych, uzyskano dla wszystkich zanieczyszczeń niewielki spadek stężeń tła w skali kraju, co jest wskazówką odnośnie do kierunku szeroko pojętych działań w zakresie

przygotowania infrastruktury mającej wspomóc promocję elektromobilności w Polsce. Wyniki badań były prezentowane na konferencji międzynarodowej i krajowej [F2, G2].

5. 2. Udoskonalanie narzędzi obliczeniowych i współpraca w zakresie harmonizacji modeli jakości powietrza

W roku 2001 zaangażowałam się we współpracę z Krajowym Centrum Inwentaryzacji Emisji IOŚ w temacie związanym z problematyką harmonizacji metod modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze [R7]. Praca ta zaowocowała raportem dotyczącym potrzeby włączenia technik modelowania do zarządzania jakością powietrza, przykładów rozwiązań w innych krajach europejskich, doświadczeń dotyczących harmonizacji metod oceny oraz przeglądu europejskich prognoz operacyjnych jakości powietrza i stanowiła początek wieloletniej współpracy z Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska.

W roku 2004 zostałam zaproszona do współpracy w ramach zawiązywanej wówczas akcji COST 728 „Enhancing Meso-Scale Meteorological Modelling Capabilities For Air Pollution And Dispersion Applications", która dotyczyła udoskonalenia mezoskalowych modeli meteorologicznych dla zastosowań w modelowaniu jakości powietrza i dyspersji zanieczyszczeń. W akcji tej pełniłam funkcję delegata Polski z ramienia Ministerstwa Nauki i Informatyzacji do Komitetu Zarządzającego. Projekt zaowocował licznymi raportami WMO [C4, C7, C9, C10], zaś monografia będąca przeglądem parametryzacji procesów fizycznych w modelach dyspersji zanieczyszczeń, w której jestem współautorką kilku rozdziałów, jest w trakcie publikacji (zgodnie z informacją uzyskaną od przewodniczącego Akcji COST 728 prof. Ranjeeta Sokhi). Na działalność badawczą związaną z tematyką Akcji uzyskałam finansowanie MNiSW w ramach projektu grantowego pt. „Dobór parametryzacji procesów meteorologicznych dla systemów modelowania jakości powietrza, w typowych sytuacjach smogowych na obszarze Polski" (MNiSW COST/1/2007). W ramach grantu przeprowadziłam badania nad doborem parametryzacji w sytuacjach smogu letniego i zimowego w wysokiej rozdzielczości [R5, D21].

W roku 2006 wzięłam udział jako prelegent w trakcie szkoły letniej centrum doskonałości MANHAAZ (Warszawa, wrzesień 2005), wygłaszając wykład na temat „Modelowanie przemian chemicznych i fotochemicznych w atmosferze". Prezentowany przeze mnie materiał szkoleniowy został opublikowany w materiałach

konferencyjnych [C12]. W roku 2008 w Ministerstwie Środowiska przedstawiałam koncepcję krajowego system zarządzania jakością powietrza z wykorzystaniem modelowania [E8]. W 2011 na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska prowadziłam szkolenie dla Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska nt. „Podstawy modelowania matematycznego jako metody uzupełniającej w ocenie jakości powietrza".

W roku 2011 zostałam delegowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego jako przedstawiciel strony polskiej do Komitetu Zarządzającego Akcji COST ES1004 „European Framework for Online Integrated Air Quality and Meteorology Modelling". Głównym celem Akcji było wspieranie rozwoju nowej generacji modeli jakości powietrza, uwzględniających w sposób spójny i możliwie kompletny zależności pomiędzy procesami fizycznymi i chemicznymi w atmosferze, ze szczególnym uwzględnieniem mechanizmów sprzężeń zwrotnych. Zaangażowanie w prace związane z tym tematem zaowocowało kilkoma prezentacjami na forum międzynarodowym [D10, F8, F24] oraz otwarciem przewodu doktorskiego mgr inż. Macieja Jefimowa, w którym jestem promotorem pomocniczym.

5.3. Modelowanie zanieczyszczeń pyłowych

Wykorzystywany i rozwijany przeze mnie model GEM-AQ posiada zaimplementowany moduł aerozolowy. Umożliwia to zarówno obliczenia stanu zanieczyszczenia pyłem pochodzenia antropogenicznego i naturalnego (pożary lasów, unos pyłu pustynnego), jak i interaktywne obliczenia grubości optycznej aerozolu (AOD – ang. *Aerosol Optical Depth*).

Prace związane z modelowaniem pyłów zostały zainicjowane w Zespole Meteorologii (w tamtym okresie w Zakładzie Meteorologii i Ochrony Atmosfery WIŚ PW) w ramach projektu międzynarodowego „From Toxic Emissions to Health Effects: An Integrated Emission, Air Quality and Health Impacts Case Study in Krakow" (2005–2006). Nasz zespół uzyskał finansowanie MNiSW na realizację grantu pt. „Modelowanie smogu zimowego nad obszarem aglomeracji Krakowskiej w okresie kampanii pomiarowej IES-JRC, styczeń–luty 2005 r." [C11, C14, F50, F51, F52, G20].

Od 2010 do 2016 roku w ramach działalności badawczo-wdrożeniowej kierowałam pracami związanymi z realizacją prognozy operacyjnej dla woj.

małopolskiego (2010–2016) i podkarpackiego (2011–2013). Zanieczyszczenia pyłowe, zwłaszcza w woj. małopolskim, stanowią znaczący problem, a precyzyjne informowanie społeczeństwa jest nie tylko elementem działań zaradczych, ale ma również istotny aspekt związany z podnoszeniem świadomości. Od grudnia 2016 roku prognozę dla woj. małopolskiego dostarcza konsorcjum IOŚ-PIB i WIBHiIŚ PW, a ja pełnię rolę kierownika prac ze strony Wydziału. W ramach tego projektu wdrożona została m.in. asymilacja stężeń pyłu PM_{10} do korekty warunku początkowego [D1, E1]. Wyniki prac były wielokrotnie prezentowane na konferencjach krajowych i międzynarodowych [D14, D18, E7, F1, F40, F41, G11, G12, G18].

W ramach realizacji prac statutowych w roku 2015 kierowałam tematem związanym z analizą składu chemicznego aerozolu symulowanego w prognozie jakości powietrza modelem GEM-AQ. Obliczone zostały rozkłady przestrzenne średniorocznego udziału procentowego poszczególnych komponentów chemicznych w całkowitej masie aerozolu. Uzyskane wyniki zostały odniesione do obserwowanego udziału poszczególnych komponentów chemicznych aerozolu obliczonego na podstawie pomiarów z sieci PMŚ dla pięciu reprezentatywnych stacji pomiarowych [G9, G14].

W roku 2015 we współpracy z IOŚ-PIB realizowałam na zlecenie GIOŚ prace nt. „Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM_{10} z lat 2013–2016". Celem pracy była analiza rozległych epizodów pyłowych w kontekście kierunków napływu na podstawie trajektorii wstecznych oraz z uwzględnieniem udziału głównych kategorii źródeł (krajowe – punktowe, liniowe, powierzchniowe oraz źródła zagraniczne). Analiza została przeprowadzona dla lat 2013–2016 z wykorzystaniem modelu GEM-AQ w rozdzielczości 10 km nad Europą Środkową. Wyniki były prezentowane na konferencjach krajowych i międzynarodowych [F7, G4]

Jak wspomniano w punkcie 5.1, brałam udział w projekcie iAREA. Oprócz analiz związanych z wpływem emisji z transportu morskiego na jakość powietrza nad Europą nasz zespół prowadził operacyjną prognozę pogody chemicznej w okresach czterech kampanii pomiarowych. Przeprowadziliśmy także studium transportu pyłu z pożarów na Alasce, które spowodowały znaczący epizod wzrostu AOD nad Svalbardem oraz podjęliśmy klimatologiczne analizy unosu aerozolu morskiego. Wyniki były prezentowane na konferencjach naukowych [D4, D11, F16, F17, F20]

oraz opublikowane w czasopiśmie Atmospheric Environment [B1] i ACPD [w procesie recenzji do czasopisma ACP [7]].

5.4. Wykorzystanie obserwacji satelitarnych w badaniach jakości powietrza

Instrumenty satelitarne obserwujące skład chemiczny atmosfery znajdują coraz więcej zastosowań nie tylko w badaniach o charakterze naukowym, ale także w procesach podejmowania decyzji strategicznych. W latach 2011–2016 współpracowałam z dr inż. Karolem Szymankiewiczem w trakcie realizacji jego pracy doktorskiej nt. „Weryfikacja inwentaryzacji emisji tlenków azotu na podstawie pomiarów satelitarnych troposferycznego przekroju NO_2 oraz wyników modelu chemii troposfery" (praca obroniona została w grudniu 2016). Efektem wspólnych badań były liczne prezentacje konferencyjne [F18, F25, F29, F33, F39, F42] i publikacja [B3].

Obserwacje satelitarne są również przeze mnie wykorzystywane w analizach wpływu zapylenia na parametry optyczne atmosfery. W tym zakresie współpracuję z doktorantem naszego zespołu mgr inż. Maciejem Jefimowem [F34, G5, G17, G19].

5.5. Badania klimatu miast

Jakkolwiek badania miejskiej wyspy ciepła i bilansu cieplnego w miastach mają w Polsce długą tradycję, w żadnym z ośrodków nie jest wykorzystywany trójwymiarowy model meteorologiczny uwzględniający tzw. parametryzację miasta. Dzięki podjętym przez przeze mnie pracom ta tematyka jest rozwijana w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska WIBHiIŚ PW. Pod moim kierunkiem powstało szereg prac dyplomowych związanych z zagadnieniami klimatu miasta. Wyniki prac prezentowane były również na forum międzynarodowym [D16, F35, F36].

Nasze prace zostały poszerzone o zagadnienia związane z teledetekcją, co zaowocowało realizacją rozprawy doktorskiej dr inż. Lecha Gawucia, w której byłam promotorem pomocniczym, nt. „Metoda szacowania strumienia ciepła jawnego w miastach na podstawie danych satelitarnych i obserwacji naziemnych" (praca

[7] Lisok, J., Rozwadowska, A., Pedersen, J. G., Markowicz, K. M., Ritter, C., Kaminski, J. W., Struzewska, J., Mazzola, M., Udisti, R., Becagli, S., and Górecka, I.: Impact of a Strong Biomass Burning Event on the Radiative Forcing in the Arctic, Atmos. Chem. Phys. Discuss., https://doi.org/10.5194/acp-2017-1035, in review, 2017.

obroniona została w czerwcu 2017). Wspólnie opublikowaliśmy trzy artykuły [B2, C1, C2], a wyniki badań były wielokrotnie prezentowane na konferencjach międzynarodowych [F3, F13, F14, F22, F27, F30]. Pełniłam też rolę opiekuna naukowego grantu NCN, uzyskanego przez dr inż. Lecha Gawucia w konkursie PRELUDIUM, nt. „Czasowa zmienność Powierzchniowej Miejskiej Wyspy Ciepła w Warszawie w latach 2000–2015 (2016/21/N/ST10/00430)".

Moje zainteresowanie tematyką klimatu miast jest kontynuowane również w ramach realizowanych przez IOŚ-PIB projektów ClimCities i 44MPA, w których byłam odpowiedzialna za przygotowanie trendów zmian indeksów klimatycznych na obszarze miast, w przyszłym klimacie w horyzoncie 2030 i 2050. Wyniki prac były przedstawiane na konferencji międzynarodowej EMS Annual Meeting: European Conference for Applied Meteorology and Climatology 2017 w Dublinie w sesji „Creating national and regional climate services in Europe through partnership" [F4] oraz na krajowej Konferencji jubileuszowej z okazji 70-lecia Polskiego Towarzystwa Geofizycznego pt. „Nadzwyczajne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne na ziemiach polskich" we wrześniu 2017 w Łodzi [G3].

Joanna Strużewska

28.05.2018

6. Współpraca międzynarodowa

W trakcie mojej pracy naukowej rozwinęłam współpracę z licznymi ośrodkami i organizacjami międzynarodowymi oraz z naukowcami z zagranicy.

Od początku studiów doktoranckich, aż do roku 2012 pozostawałam w ścisłej współpracy z grupą modelowania atmosfery na Uniwersytecie York, kierowaną przez prof. Johna McConnella. W trakcie studiów doktoranckich odbyłam staż na Uniwersytecie York. W późniejszym okresie brałam udział w pracach kierowanego przez prof. McConnella konsorcjum MAQNET (Multiscale Air Quality Network). Wspólnie z grupą z Uniwersytetu York braliśmy także udział w projekcie Escompte Modelling Exercise, kierowanym przez dr Vincenta-Henry'ego Peuch (obecnego dyrektora Serwisu Monitoringu Atmosfery programu Copernicus – ECMWF). W roku 2012 wspólnie z prof. McConnellem przygotowałam wniosek badawczy do Narodowego Centrum Nauki w konkursie HARMONIA-3, na temat „Wpływ aerozolu antropogenicznego na prędkości fotolizy i produkcję fotochemiczną ozonu w skali regionalnej i lokalnej". Współpracę tę zakończyła śmierć prof. McConnella w 2013 roku i rozwiązanie zespołu na Uniwersytecie York.

Odnośnie do mojej współpracy z ośrodkami europejskimi – w trakcie realizacji prac nad doktoratem nawiązałam współpracę z Wolnym Uniwersytetem w Berlinie (FUB), z kierowaną wówczas przez dr Eberharda Reimera grupą zajmującą się prognozowaniem jakości powietrza w Europie. Od dr Johannesa Flemminga (obecnie kierującego rozwojem modelu C-IFS w ECMWF) uzyskałam m.in. dane dotyczące emisji powierzchniowej zanieczyszczeń pierwotnych dla obszaru całej Europy, które wykorzystałam w obliczeniach do mojej pracy doktorskiej.

W roku 2004 zostałam zaproszona do przyłączenia się do powołanej w ramach 6 Programu Ramowego europejskiej sieci ACCENT (Atmospheric Composition Change: an European Network), której celem było m.in. promowanie europejskiej strategii badań nad zrównoważonym składem atmosfery. Reprezentowałam Politechnikę Warszawską jako członka stowarzyszonego sieci w pracach dwóch pakietów roboczych Modelowanie i Bazy Danych Emisji. W późniejszym okresie

(2006–2007) reprezentowałam w sieci ACCENT również Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, będący partnerem ze strony Polski. W ramach powyższych inicjatyw miałam możliwość współpracy z dr Claire Granier (IPSL), koordynującą liczne projekty związane z inwentaryzacją emisji w skali globalnej oraz inwentaryzacje dla serwisu Copernicus.

W latach 2004–2011 z ramienia Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego reprezentowałam Polskę w trzech Komitetach Zarządzających projektów Europejskiego Programu Współpracy w Dziedzinie Badań Naukowo-Technicznych (European Cooperation in Science and Technology – COST):

- COST Action 728 – „Enhancing Meso-Scale Meteorological Modelling Capabilities for Air Pollution and Dispersion Applications"; 2004–2009
- COST Action ES 0602 – „Towards a European Network on Chemical Weather Forecasting and Information Systems (ENCWF)"; 2007–2011
- COST Action ES 1004 – „European Framework for Online Integrated Air Quality and Meteorology Modelling"; 2011-2015

Udział w tych programach pozwolił mi na nawiązanie cennych kontaktów naukowych. Z prof. Alexandrem Baklanovem (Duński Instytut Meteorologiczny, obecnie WMO – Światowa Organizacja Meteorologiczna), aktywnie biorącym udział we wszystkich powyższych programach, kierującym COST ES1004, współpracowałam później w projekcie MEGAPOLI. Z partnerami z FMI (Finlandia), INERIS (Francja) oraz TNO (Holandia) współpracuję obecnie w innych projektach.

Od roku 2001 datuje się moja współpraca ze Wspólnotowym Centrum Badawczym Komisji Europejskiej (JRC EC). Pierwszym koordynowanym przez JRC projektem, do którego miałam możliwość dołączyć, był projekt CityDelta-I. Podczas spotkań projektu miałam szansę weryfikować moje doświadczenia z przyjętymi metodykami analiz w zakresie modelowania jakości powietrza w międzynarodowych ośrodkach, m.in. EMEP, reprezentowanym w tym projekcie przez dr Leonor Tarrason.

Współpracę z JRC kontynuowałam w ramach kompleksowego projektu, prowadzonego przez JRC dla woj. małopolskiego i Krakowa w latach 2005–2007. W tym okresie nasz Zespół miał ścisłe kontakty z grupą prowadzoną przez dr Keesa Cuvelier (JWC-IES). Kolejną okazją do współpracy był projekt AQMEII koordynowany przez dr Stefano Galmariniego.

Obecnie współpracuję z JRC głównie w ramach aktywności Europejskiego Forum Modelowania Jakości Powietrza FAIRMODE (Forum on Air Quality Modelling in Europe), w ramach którego od 2009 roku z ramienia Ministerstwa Środowiska reprezentuję Polskę jako ekspert krajowy. Od początku biorę aktywny udział w pracach forum w bliskiej współpracy z dr Philippem Thunisem (JRC-IES), a w ubiegłym roku wraz z Urzędem Marszałkowskim Województwa Małopolskiego włączyłam się w nowy program FAIRMODE związany z testowaniem narzędzi wypracowanych w ramach FAIRMODE dla obszarów, w których występują problemy z jakością powierza.

Do najważniejszych moich osiągnięć w dziedzinie współpracy międzynarodowej zaliczam udział w europejskim serwisie Copernicus CAMS_50 Regional Production Services: Operational Delivery of the European Scale Air Quality Component of CAMS, co zostało opisane w sekcji „Bieżące kierunki badań". Udział w tym programie daje mi nie tylko możliwość współpracy z uznanymi ekspertami w zakresie modelowania jakości powietrza w Europie, ale także zobowiązuje do ciągłego doskonalenia modelu i metodyki zgodnie z harmonogramem ustalonym z Europejskim Centrum Średnioterminowych Prognoz Pogody (ECMWF).

Od 2016 roku, na wniosek Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, jestem również członkiem dwóch unijnych komitetów technicznych (TC) przy Europejskim Komitecie Normalizacyjnym (CEN): w zakresie norm jakości modeli chemii atmosfery (CEN/TC 264/WG 43 Model Quality Objectives) oraz w zakresie metod identyfikacji źródeł emisji zanieczyszczeń w atmosferze (CEN/TC 264/WG 44 Source Apportionment).

Joanna Strużewska

28.01.2018

7. Osiągnięcia dydaktyczne

Od początku mojej kariery naukowej pracuję ze studentami, stawiając sobie za zadanie przekazanie im niezbędnej wiedzy związanej z naukami o atmosferze i wybranymi aspektami problematyki jakości powietrza.

Aktualnie prowadzę zajęcia (wykłady, ćwiczenia audytoryjne, ćwiczenia laboratoryjne i ćwiczenia projektowe) na Wydziale Instalacji Budowalnych Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, dla studentów 1-go i 2-go stopnia studiów kierunku Ochrona Środowiska oraz dla studentów studiów anglojęzycznych na studiach 2-go stopnia na kierunku Environmental Protection. Jako nauczyciel akademicki i pracownik WIBHiIŚ jestem zaliczona do minimum kadrowego studiów na kierunku Ochrona Środowiska.

Prowadzone przez mnie aktualnie kursy to:

- Na kierunku Ochrona Środowiska, 1 stopień (studia inżynierskie):
  - Meteorologia – osoba odpowiedzialna za przedmiot (wykłady i ćwiczenia audytoryjne oraz laboratorium komputerowe)
  - Klimatologia – osoba odpowiedzialna za przedmiot (wykłady i ćwiczenia)
- Na kierunku Ochrona środowiska, 2 stopień (studia magisterskie):
  - Podstawy teledetekcji (współprowadzenie wykładu – zagadnienia z zakresu teledetekcji atmosfery)
  - Systemy Ochrony Atmosfery i Meteorologia Techniczna (ćwiczenia projektowe)
  - Prognozy i Techniki w Ochronie Środowiska (ćwiczenia projektowe)
  - Prognozowanie zagrożeń meteorologicznych (osoba odpowiedzialna za przedmiot – kurs obieralny)
- Na kierunku Environmetal Protection, 2 stopień (studia magisterskie):
  - Applied climatology (osoba odpowiedzialna za przedmiot)
  - Forecasting of meteorological hazards (osoba odpowiedzialna za przedmiot – kurs obieralny)

W latach ubiegłych, w związku z obowiązującym wówczas innym programem kształcenia, prowadziłam także zajęcia w ramach następujących kursów:

- Na kierunku Ochrona Środowiska:
    - Systemy Oceny Jakości Powietrza, studia magisterskie (w zależności od roku akademickiego prowadziłam część zajęć projektowych dotyczących modelowania lub zajęcia audytoryjne)
    - Fizyka Środowiska, studia magisterskie (ćwiczenia audytoryjne)
    - Globalne Zmiany Klimatyczne, studia magisterskie (zajęcia projektowe oraz wykład monograficzny dotyczących modelowania)
- Na kierunku Inżynieria Środowiska:
    - Podstawy Hydrologii, Meteorologii i Klimatologii – I rok, 1 semestr studiów inżynierskich Inżynierii Środowiska (wykład);
    - Meteorologia II – III rok, 5 semestr studiów inżynierskich IOŚ (wykład i ćwiczenia audytoryjne);
    - Fizyka Atmosfery i Hydrosfery – I rok, 1 semestr studiów magisterskich specjalności Informacja i Zarządzanie w Ochronie Środowiska oraz Systemy i Techniki w Ochronie środowiska (ćwiczenia audytoryjne)
- Na kierunku Environmental Engineering (studia anglojęzyczne 1-wszego stopnia)
    - „Meteorology" 2010/2011 (ćwiczenia komputerowe)

We wcześniejszych latach, w okresie obowiązywania 5-letnich studiów jednolitych Inżynieria Środowiska byłam zaangażowana w prowadzenie zajęć projektowych i ćwiczeń audytoryjnych w ramach następujących kursów:

- Podstawy Meteorologii (II rok)
- Meteorologia Granicznej Warstwy Atmosfery (IV rok)
- Modelowanie Procesów Meteorologicznych (V rok)
- Fizyka Atmosfery (III rok)
- Podstawy Informatyki (rok I)

Ponadto, przez kilka lat (do roku 2006) brałam udział w realizacji terenowych praktyk pomiarowych w zakresie meteorologii dla studentów II roku.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora wielokrotnie pełniłam rolę promotora prac licencjackich (w okresie, kiedy Wydział prowadził studia licencjackie), inżynierskich (w latach późniejszych) oraz magisterskich, w języku polskim i angielskim. Do chwili obecnej pod moją opieką zostało zrealizowane 39 prac dyplomowych:

- 12 prac licencjackich (Ochrona Środowiska)
- 8 prac inżynierskich (6 Ochrona Środowiska, 2 Inżynieria Środowiska)
- 15 prac magisterskich w języku polskim (12 Ochrona Środowiska, 3 Inżynieria Środowiska)
- 4 prace magisterskie w języku angielskim (kierunek Environmental Protection)

Aktualnie jestem promotorem 3 realizowanych prac inżynierskich – dwóch na kierunku Ochrona Środowiska i jednej na studiach anglojęzycznych pierwszego stopnia – Environmental Engineering.

Sprawowałam również opiekę indywidualną nad dwoma studentkami (szczegóły w części zawierającej Opis dorobku). W miarę możliwości włączałam i włączam zdolnych i zainteresowanych studentów w prace związane z realizowanymi przez mnie projektami oraz udzielam pomocy w organizowaniu praktyk zawodowych.

Aktywnie wspierałam doktorantów Zespołu Meteorologii w zakresie poszerzenia ich zainteresowań badawczych, co owocowało wspólnymi wystąpieniami konferencyjnymi oraz publikacjami (dr inż. L. Gawuć, dr inż. Karol Szymankiewicz, mgr inż. Magdalena Porębska, mgr inż. Maciej Jefimow).

Sprawowałam opiekę naukową nad dwoma doktorantami w charakterze promotora pomocniczego. Praca dr inż. Lecha Gawucia, nt. „Metoda szacowania strumienia ciepła jawnego w miastach na podstawie danych satelitarnych i obserwacji naziemnych" została obroniona 6 czerwca 2017. Pełnię również rolę promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim mgr inż. Macieja Jefimowa, nt. „Wpływ parametryzacji bezpośredniego efektu aerozolowego na prognozę meteorologiczną".

Prócz pracy dydaktycznej na uczelni prowadziłam szkolenia dla pracowników Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska, na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska:

- W dniach 14–15 czerwca 2011 roku przeprowadziłam 2-dniowe szkolenie dla pracowników Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska pt. „Podstawy modelowania matematycznego jako metody uzupełniającej w ocenie jakości powietrza".
- W dniu 17 marca 2014 roku przeprowadziłam specjalistyczne szkolenie dla pracowników Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony środowiska, obejmujące sposób wizualizacji i przetwarzania wyników modelowania jakości powietrza w programie QuantumGIS.

W styczniu br. zostałam zaproszona do przeprowadzenia zajęć dydaktycznych w języku angielskim z zakresu „Origins of atmospheric pollution in the Arctic based on atmospheric chemistry models results" dla doktorantów Interdyscyplinarnych Studiów Polarnych Instytutu Geofizyki PAN.

W ramach popularyzacji nauki brałam udział w projekcie ECFUN (European Children's Future University Network) (FP6-2004-Science-and-society-11, „Science education and carreers 2004", Contract No. 020817). Koordynatorem ze strony Politechniki Warszawskiej był prof. dr hab. Tadeusz Rzeżuchowski (MINI).

Joanna Strużewska

28.05.2018

8. Działalność organizacyjna

W trakcie mojej pracy zawodowej angażowałam się w zadania powierzane mi przez władze Wydziału. Brałam udział m.in. w akcji promocyjnej Wydziału Inżynierii Środowiska w okresie 2002/2003 (zadania dotyczyły m.in. opracowania ankiet dla studentów, przygotowania tekstów informacyjnych na stronę internetową, opracowania układu zajęć na poszczególnych specjalnościach). Byłam członkiem Wydziałowej Komisji Egzaminacyjnej w roku 2004. Pełniłam także funkcję pełnomocnika Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska ds. koordynacji wydziałowych wniosków o finansowanie w ramach funduszy programu Kapitał Ludzki – w roku 2008. Od roku 2017 jestem członkiem Podkomisji Senatu PW ds. Międzynarodowych Projektów Badawczych, której przewodniczy prof. Janusz Hołyst (Wydział Fizyki PW).

W ramach promocji Wydziału oraz Politechniki Warszawskiej organizowałam na WIŚ PW spotkania projektów międzynarodowych, w których brałam udział. Były to:

- spotkanie Komitetu Zarządzającego i Grup Zadaniowych Akcji COST 728 na Wydziale Inżynierii Środowiska PW (ok. 30 uczestników z różnych krajów, spotkanie prowadzone w języku angielskim), 1–2 czerwca 2006 roku;
- seminarium nt. „ACCENT-related scientific activity in Poland", poprzedzające 5-te Zgromadzenie Ogólne Sieci ACCENT (Atmospheric Composition Change the European Network of Excellence 6 FP, Priority 1.1.6.3 „Sustainable development, Global change and Ecosystems") (ok. 50 uczestników ogółem, w tym ok. 10 przedstawicieli sieci ACCENT z zagranicy, spotkanie prowadzone w języku angielskim), 14 lutego 2007 roku;
- spotkanie Komitetu Zarządzającego i Grup Zadaniowych Akcji COST ES0602 „Towards a European Network on Chemical Weather Forecasting and Information Systems (ENCWF)", (ok. 40 uczestników z różnych krajów, spotkanie prowadzone w języku angielskim), 3–4 listopada 2008 roku.

Byłam także lokalnym organizatorem konferencji międzynarodowej zorganizowanej przy okazji 2-giego Zgromadzenia Ogólnego Serwisów Atmosferycznych Copernicus (2nd CAMS General Assembly), które odbyło się w Warszawie w dniach 16–18 maja 2017 roku.

We wrześniu 2018 roku na moje zaproszenie odbędą się w Warszawie posiedzenia dwóch Komitetów Technicznych przy Komitecie Normalizacyjnym Komisji Europejskiej, których jestem członkiem (wzmiankowane w Rozdziale 6).

Moja działalność organizacyjna dotyczy również współpracy z innymi ośrodkami naukowymi w Polsce. Jestem m.in. członkiem komitetu naukowego cyklicznej krajowej konferencji sieci Poland-AOD „Rola aerozoli w systemie klimatycznym". Do chwili obecnej w tym cyklu odbyły się trzy cieszące się uznaniem środowiska naukowego konferencje w latach 2013, 2015 i 2017, w których brałam udział także jako prelegent.

Wielokrotnie w swojej karierze występowałam w roli recenzenta publikacji i raportów. Byłam recenzentem 8 publikacji w czasopismach zagranicznych z listy JCR i dwóch raportów (WMO-GAW i IPCC). Ponadto w 2015 roku byłam recenzentem w konkursie H2020, w którym poddawałam wielokryterialnej ewaluacji pięć projektów o zróżnicowanej tematyce związanej z jakością powietrza, wdrażaniem nowych technologii i wykorzystaniem modelowania. W Polsce recenzowałam publikacje z listy B i raporty projektów realizowanych na zlecenie GIOŚ.

Joanna Strużewska

28.05.2018