

INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Projekt KLIMAT

**Wpływ zmian klimatu na środowisko,
gospodarkę i społeczeństwo**

(zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki,
praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)

Zadanie 2 pn. „*Stan zanieczyszczenia powietrza w Polsce i jego wpływ na jakość życia –
możliwości ograniczenia skutków*”



KONFERENCJA INFORMACYJNO – PROMOCYJNA
„Wpływ zanieczyszczeń powietrza na klimat i życie”

ABSTRAKTY REFERATÓW

INDEKS JAKOŚCI POWIETRZA JAKO WSKAŹNIK OCENY CZYSTOŚCI POWIETRZA W POLSCE

Prelegent: Agnieszka Wypych IMGW-PIB

Wraz ze wzrastającą urbanizacją oraz na skutek rozwoju przemysłu i transportu do atmosfery dostarczanych jest szereg zanieczyszczeń. Większość z nich ma istotny wpływ na zdrowie człowieka oraz oddziałuje na funkcjonowanie ekosystemów. Dlatego też monitorowanie stanu aerosanitarne stało się jednym z priorytetowych działań podejmowanych na szczeblu zarówno krajowym, jak i regionalnym.

Określanie stanu higienicznego powietrza możliwe jest przede wszystkim z zastosowaniem metod opartych na analizie stężeń poszczególnych zanieczyszczeń. Coraz częściej jednak do oceny czystości powietrza wykorzystywane są metody kompleksowe, w których badany jest, oprócz stanu zanieczyszczeń, również wpływ czynników go determinujących.

Głównym celem pracy jest ocena stanu sanitarnego powietrza w Polsce z wykorzystaniem kompleksowego wskaźnika, jakim jest indeks jakości powietrza (ang. AQI – Air Quality Index). Pozwala on na przedstawienie w syntetyczny sposób poziomu stężeń zanieczyszczeń w odniesieniu do określonych wartości progowych. Wartość AQI w powiązaniu z informacją o szkodliwości powietrza dla zdrowia człowieka jest prostym do zrozumienia przez społeczeństwo wskaźnikiem zagrożenia zanieczyszczeniem powietrza.

Informacja zawarta w AQI poszerzona o podstawowe zależności funkcjonujące w środowisku, pozwoliła na skonstruowanie prostego modelu przestrzennego przedstawiającego zagrożenie aerosanitarne na obszarze całej Polski. Założono, że zmiennymi determinującymi rozkład zagrożenia aerosanitarne będą: pokrycie terenu (ze szczególnym uwzględnieniem obszarów zabudowanych), gęstość zaludnienia oraz siła wiatru.

Uzyskane rezultaty, nie tylko w postaci obrazu zróżnicowania aerosanitarne Polski, ale także informacji o regionach, w których – ze względu na rozwój przemysłu i urbanizacji – mieszkańcy są szczególnie narażeni na występowanie niekorzystnych warunków higienicznych powietrza, potwierdzają jednoznacznie, że najbardziej niekorzystne warunki sanitarne powietrza panują w aglomeracjach miejskich oraz na obszarach, gdzie intensywny rozwój przemysłu przyczynił się do pogorszenia czystości powietrza.

Sposobem zmniejszenia zagrożenia zanieczyszczeniami powietrza może być – prócz oczywistego ograniczenia emisji – melioracja warunków klimatycznych w mieście. Przykładowo powiększenie powierzchni terenów zielonych może w istotny sposób przyczynić się do poprawy jakości powietrza, jak również zwiększy komfort życia mieszkańców.

EPIZODY WYSOKICH STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ I ICH ZWIĄZEK Z WARUNKAMI METEOROLOGICZNYMI I ZMIENNOŚCIĄ KLIMATU

Prelegent: Leszek Ośródka IMGW-PIB

Epizody wysokich stężeń zanieczyszczeń stanowią istotny problem jakości powietrza w Polsce. Sytuacje takie spowodowane są głównie ponadnormatywnymi stężeniami pyłu PM₁₀ a w sezonie letnim także ozonu. Ze względu na powszechność i uciążliwość zjawiska epizodów pyłowych niniejsza prezentacja dotyczy sytuacji z nimi związanych.

W pracy za epizod wysokich stężeń pyłu przyjęto uważać sytuację, gdy stężenie dobowe tej substancji na co najmniej dwóch stacjach w aglomeracji przekracza 150 µg/m³.

Na przykładzie Aglomeracji Górnośląskiej i Aglomeracji Krakowskiej przedstawiono charakterystykę zaistniałych tego typu epizodów z lat 2006 – 2010 zwracając szczególną uwagę na:

- częstość i długość ich występowania,
- zależność od przebiegu elementów meteorologicznych w trakcie epizodu,
- związek z przebiegiem pogody w sezonie.

W prezentacji zwrócono także uwagę na silny związek częstości występowania epizodów z szeroko rozumianymi warunkami meteorologicznymi w poszczególnych latach a także na uwarunkowania ich występowania zwracając uwagę, że są one zależne nie tyle od przebiegu poszczególnych elementów meteorologicznych, ale od współlistnienia zespołu tych czynników.

W pracy zaproponowano model kompleksowej oceny takich sytuacji, który będzie przydatny do prawidłowej ich prognozy.

KRÓTKOTERMINOWA PROGNOZA JAKOŚCI POWIETRZA JAKO ELEMENT ZARZĄDZANIA ŚRODOWISKIEM – MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWAŃ OPERACYJNYCH

Prelegent: Marek Wojtylak IMGW-PIB

Umiejętność przewidywania zdarzeń specjalnych, niekorzystnych dla jakości życia jest ciągle niedościgłym ludzkim marzeniem. W niektórych dziedzinach marzenie można zrealizować przynajmniej częściowo. Pewne zjawiska przyrodnicze – pogoda, aktywność sejsmiczna, powódzie itd. można z dużym prawdopodobieństwem przewidzieć. Oczywiście na krótko (kilka, kilkanaście godzin, kilka dni) przed wystąpieniem danego zjawiska. Jednym z takich zjawisk, na pewno nie ekstremalnym, jest jakość powietrza.

Prognozowanie przebiegu jakości powietrza szczególnie w obszarach o wysokich stężeniach zanieczyszczeń ma znaczenie nie tylko poznawcze ale także i praktyczne. Prognoza taka może wspierać tzw. działania krótkoterminowe.

Od początku pomiarów zanieczyszczeń powietrza zauważono silny związek między pogodą a imisją zanieczyszczeń. Dlatego podstawą krótkoterminowej prognozy jakości powietrza jest – numeryczna prognoza pogody. W chwili obecnej IMGW-PIB dysponuje dwoma codziennymi prognozami pogody, pochodzącymi z różnych źródeł:

- COSMO-LM na 78 godzin (Francja),
- ALADIN na 48 godzin (Niemcy).

W prezentacji pokazane są dwa podejścia do prognozy jakości powietrza, wypracowane przez wiele lat w Zakładzie Monitoringu i Modelowania Zanieczyszczeń Powietrza, a zaimplementowane dla obszaru Małopolski w projekcie KLIMAT:

- Prognoza eksploracyjna,
- Model CALMET/CALPUFF.

Prognoza eksploracyjna wykorzystuje metody eksploracji danych (Data Mining) i opiera się na zasadzie, że przyszłości trzeba szukać w historii. W tym celu zgromadzone zostały dane o:

- historycznych prognozach pogody z modelu COSMO-LM (2004-2010),
- rzeczywistym przebiegu pogody z najbliższych stacji synoptycznych - Kraków, Rzeszów, Nowy Sącz, Katowice z wielolecia 1998-2010,
- stężeniach ze stacji małopolskiego automatycznego monitoringu (1998-2010).

Wejściem do prognozy są tak zwane meteogramy z prognozy COSMO-LM.

Wiele autorskich algorytmów prowadzi do wybrania kilkunastu, kilkudziesięciu historycznych przebiegów stężeń zanieczyszczeń, na zasadzie „podobna pogoda powoduje podobną sytuację aerosanitarną”. W końcowej fazie umożliwia się podjęcie decyzji o wynikowym przebiegu wybranego stężenia przez eksperta. Prognoza ta bardzo dobrze sprawdza się w punktach pomiaru stężeń zanieczyszczeń. Trochę kłopotów jest z jej interpolacją na obszar.

Prognoza oparta o model CalPUFF = California air research board PUFF air dispersion model. wykorzystuje tzw. Gaussowski model obłoku, którego niektóre założenia są następujące:

- smuga zanieczyszczenia emitowanego ze źródła emisji jest przybliżana przez serię obłoków,

- smuga zanieczyszczenia emitowanego ze źródła emisji jest przybliżana przez serię obłoków,
- całkowite stężenie zanieczyszczenia w danym punkcie recepcyjnym jest wyznaczone przez sumowanie stężeń jednostkowych od wszystkich obłoków wygenerowanych przez źródło.

Rozważa się źródła punktowe, liniowe, powierzchniowe. Model wymaga dokładnej inwentaryzacji emisji - wraz ze zmiennością roczną dla źródeł powierzchniowych i dobową dla liniowych oraz wysokiej jakości sprzęt komputerowy, gdyż obliczenia trwają bardzo długo ~ 3 do 6 godzin. Zaletami modelu są:

- Prognoza emisji dla wybranych punktów i całej powierzchni modelowanego obszaru.
- Uwzględnienie zmienności emisji, suchej i mokrej depozycji oraz przemian chemicznych.
- Modelowane pole wiatru dostosowane do ukształtowania i sposobu użytkowania terenu.
- Uwzględnienie procesów fizycznych zachodzących w WGA – parametry dyspersji smugi zależne od chwiejności atmosfery.

Oba zaprezentowane modele wymagają dużej ilości danych, przede wszystkim dokładnej prognozy pogody oraz sporego doświadczenia w ich stosowaniu. Są modelami komplementarnymi. Powinny one być zatem stosowane jednocześnie. Przy czym w pierwszej kolejności powinna być liczona prognoza eksploracyjna, gdyż jest o wiele łatwiejsza, krótsza do wyznaczenia. Gdy w tej prognozie nie wykryje się żadnych zagrożeń wysokimi stężeniami, można w danym dniu zakończyć obliczenia. W przypadku gdy prognoza eksploracyjna wykaże duże prawdopodobieństwo wysokich (alarmowych) stężeń zanieczyszczeń to koniecznym będzie wykonanie obliczeń przy pomocy modelu CALMET/CALPUFF. I dopiero gdy i w tym przypadku prognozowane będą wysokie stężenia podejmować odpowiednie działania ostrzegawcze.

PYŁ ZAWIESZONY DROBNEJ FRAKCJI – MOŻLIWOŚCI MONITOROWANIA. OCENA ZAGROŻENIA NA PODSTAWIE BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH W PROJEKCIE

Prelegent: Krzysztof Klejnowski IPIŚ PAN

W ramach projektu Klimat, uruchomiono dwie dedykowane stacje pomiaru składu fizykochemicznego aerozoli. Stacje pomiarowe w Zabrze – lokalizacja w obszarze tła miejskiego aglomeracji górnośląskiej i w Raciborzu – lokalizacja w obszarze tła regionalnego w strefie oddziaływania transgranicznego na osi RP-RCz. Stacja w Zabrze do pomiaru stężeń pyłu PM_{10} i $PM_{2,5}$ wykorzystuje poborniki Partisol i LVS – Atmoservice (pobór 24 h). Dodatkowo pomiary te wspomagane są przez ciągły pomiar stężeń $PM_{2,5}$ miernikiem TEOM 1400a z Sharp Cut Cyklonem do separacji pyłu $PM_{2,5}$ zainstalowanym w stacji WIOŚ, zlokalizowanej w bezpośrednim sąsiedztwie miernika Black Carbon Monitor MAAB 5012.

Równoległe z pomiarami stężeń pyłu prowadzone są badania intensywności rozproszenia światła na cząstkach pyłu, z wykorzystaniem nefelometru TSI 3563 pracującego na trzech zakresach długości fal. Badania stężeń liczbowych (liczebności cząstek) w zakresie frakcji UFP prowadzone są przy pomocy miernika TSI 3031.

Stacja pomiarowa w Raciborzu do pomiaru stężeń 24 h PM_{10} i $PM_{2,5}$ wykorzystuje pobornik Partisol i pobornik LVS – Atmoservice. Na stacji prowadzony jest ciągły pomiar stężeń 4 frakcji pyłu TSP, PM_{10} , $PM_{2,5}$, $PM_{10-2,5}$ – miernikiem optycznym DustTrak DRX Aerosol Monitor Model 8533/8534 TSI. Do badań składu fizycznego szerokiego spektrum cząstek aerozoli wykorzystywany jest także Aerodynamic Particle Sizer Spectrometer Model 3321 APS TSI, a do badań UFP analizator TSI 3031. Pomiary rozpraszania światła wykonywane są nefelometrem Aurora-3000, pracującym w zakresie 3 długości fal światła widzialnego.

Równoległe w powyższych lokalizacjach dla potrzeb analiz statystycznych prowadzone są pomiary meteorologiczne i badania podstawowych zanieczyszczeń atmosfery (w ramach innych projektów lub w sieci WIOŚ).

Rezultatem prowadzonych w 2010 roku badań jest między innymi zgromadzenie rocznej serii pomiarowej opisującej z rozdzielczością ok. 10 minut zmienność liczebności cząstek UFP w tych dwóch lokalizacjach. W prezentacji w szczególności skupiono się na analizie statystycznej zmienności liczebności UFP w obu lokalizacjach. Przedstawiono też ilustracje graficzne dobowej, sezonowej i rocznej zmienności liczebności UFP oraz wyniki badań składu pierwiastkowego wraz z oceną udziału podstawowych makroskładników PM, ilustrującą różnice w składzie chemicznym i związane z tym różnice w ekotoksyczności pyłów w obszarze badań.

W obu lokalizacjach stwierdzono występowanie podobnego charakteru zmienności liczebności w sezonach letnim i zimowym, gdzie latem w okresie intensywnej radiacji występuje znaczący przyrost liczebności drobnych frakcji (nm) związanych z tworzeniem cząstek PM w wyniku przemian fotochemicznych.

Natomiast w okresie zimowym, zwłaszcza w porze nocnej, stwierdzono przyrost liczebności cząstek w górnym zakresie UFP związanych z antropogeniczną emisją PM, z procesów spalania paliw. Porównanie średnich liczebności cząstek w obu lokalizacjach ilustruje istotną rolę emisji z komunikacji i

spalania paliw w gospodarce komunalnej na liczebność drobnych cząstek. Mieszkańcy obszarów zurbanizowanych narażeni są na ponad 3-krotnie wyższe stężenia liczbowe drobnych frakcji PM w składzie, w których występuje szereg substancji o wysokiej toksyczności.

Tezę o zwiększonym wpływie komunikacji potwierdzają przedstawione wyniki badań stężeń węgla organicznego i elementarnego oraz pierwiastków śladowych zwartych w pyle PM₁.

Stwierdzono, że badania cząstek UFP mogą być istotnym elementem zwiększającym wiarygodność ocen wpływu PM na zdrowie, mogą też być przydatne w ocenie intensywności procesów przemian fotochemicznych gazowych prekursorów cząstek stałych w atmosferze.

ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA A KLIMAT. PRÓBA OCENY INTERAKCJI.

Prelegent: Leszek Ośródka IMGW-PIB

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na klimat jest przedmiotem ożywionej dyskusji na poziomie decyzyjnym, naukowym jak też i praktycznym. Sztandarowym tego przykładem mogą być prace Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC), które zmierzają do oceny wyników badań naukowych zmiany klimatu oraz określenia jej środowiskowych i społeczno – ekonomicznych konsekwencji. Zespół ten publikując okresowe raporty ze swej działalności, dzieli się ze społeczeństwem aktualnym stanem wiedzy w tym zakresie.

Ostatni opublikowany Czwarty Raport Oceniający IPCC z 2007 roku wprowadza do oszacowania siły i kierunku oddziaływania różnych antropogenicznych i naturalnych czynników zmian klimatycznych pojęcie wymuszenie radiacyjne (ang. *radiative forcing*):

- jest to zaburzenie bilansu energetycznego (radiacyjnego) systemu Ziemia-Atmosfera wywołanego czynnikami wpływającymi na klimat (wyrażone w W/m^2),
- czynniki te zmieniają równowagę między przychodzącym promieniowaniem słonecznym a wychodzącym z atmosfery ziemskiej promieniowaniem cieplnym (podczerwonym)
- bilans radiacyjny (promieniowania) reguluje temperaturę Ziemi,
- termin *wymuszenie* wskazuje na przesunięcie równowagi względem stanu normalnego
- dodatnie wymuszenie radiacyjne powoduje globalne ocieplenie powierzchni Ziemi, ujemne – ochłodzenie.

Celem prezentacji jest próba oceny wpływu pyłowych zanieczyszczeń powietrza na wybrane elementy meteorologiczne, a w konsekwencji na właściwości klimatu w skali głównie lokalnej i regionalnej.

W pracy przedstawiono m.in. metody pomiarów pyłu drobnej frakcji przy wykorzystaniu nefelometru, określono związek pomiędzy wielkością zapylenia a widzialnością, a także zaproponowano wykorzystanie wyników pomiarów uniwersalnego czujnika pogody do oceny zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{10} i $PM_{2,5}$.

Wykorzystanie z kolei pomiarów lidarów pyłowego i celimetrów pracujących w wybranych stacjach meteorologicznych sieci IMGW-PIB umożliwi ocenę zawartości aerozolu w warstwie granicznej atmosfery i stanowić może podstawę oceny aerozolowego wymuszenia radiacyjnego i jego wpływu na zmiany klimatu.

W końcowej części prezentacji przedstawiono wstępne wyniki badań nad wpływem zmian klimatu na jakość powietrza w skali lokalnej i regionalnej wykorzystując udostępnione przez wykonawców zadania 1 projektu KLIMAT, scenariusze zmian klimatu w latach 2011-2030 i 2081-2100.

WPLYW JAKOŚCI POWIETRZA NA JAKOŚĆ ŻYCIA – OCENA ZAGROŻEŃ - MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA SKUTKÓW – IMPLEMENTACJA WYNIKÓW

ZADANIA 2 PROJEKTU DO PRAKTYKI

Prelegent: Leszek Ośródka IMGW-PIB

Problem wpływu jakości powietrza na jakość życia jest zagadnieniem niezwykle złożonym i trudnym do jednoznacznej oceny. Jak wykazano w wielu dotychczasowych pracach zagadnienie to dotyczy zarówno problemów o charakterze globalnym: zmiany klimatu wywołane czynnikami antropogenicznymi (emisja gazów szklarniowych, aerozoli), jak też o znaczeniu regionalnym i lokalnym (zmiany warunków solarnych, termicznych i opadowych, zmniejszenie widzialności) czy wywoływanie negatywnych skutków zdrowotnych.

W pracy skupiono się na identyfikacji obszarów szczególnie narażonych na epizody wysokich stężeń zanieczyszczeń, możliwościach ograniczenia skutków tych zmian poprzez stosowanie nowoczesnych metod monitorowania, ostrzegania i melioracji warunków środowiskowych.

W związku z tym w oparciu o wyniki pomiarów jakości powietrza uzyskane z GIOŚ, kompleksowe dane meteorologiczne określające warunki wentylacyjne powietrza, topografię i zagospodarowanie terenu, a także koncentrację ludności wyznaczono, wykorzystując metody GIS obszary potencjalnych zagrożeń aerosanitarnych, na terenie których należy zintensyfikować działania profilaktyczne i naprawcze.

Zakładając wpływ aerozolu z jednej strony na wymuszenie radiacyjne, powodujące zmianę bilansu cieplnego Ziemi i mierzalne skutki klimatyczne, a także zdrowotne z drugiej strony, zaproponowano wykorzystanie istniejących metod obserwacji wybranych elementów meteorologicznych (uniwersalny czujnik pogody, celimetr) do bieżącej oceny tła zanieczyszczenia pyłem (głównie frakcji $PM_{2,5}$) i oceny zawartości aerozolu w warstwie granicznej. Monitoring ten uzupełniony o sieć kamer internetowych i modelowanie tego elementu powinien także służyć ocenie widzialności, która wpływa m.in. na bezpieczeństwo drogowe, jak też poprzez percepcję wzrokową na samopoczucie, a więc jakość życia.

Istotnym elementem ostrzegania społeczeństwa przed niekorzystnymi warunkami aerosanitarnymi, a tym samym praktycznym wdrożeniem tzw. działań krótkoterminowych zapisanych w Dyrektywie CAFE jest wykorzystanie dwustopniowego systemu prognozy jakości powietrza. System ten, oparty o algorytmy tzw. eksploracji danych i prognozę uzyskaną z modelu obłoku, służyć powinien do bieżącej prognozy jakości powietrza w strefach i aglomeracjach zagrożonych wysokimi stężeniami zanieczyszczeń, a w przypadku wykrycia niebezpieczeństwa znaczących przekroczeń, do wskazania miejsc szczególnie niebezpiecznych. Jest to rozwinięcie dotąd stosowanych rozwiązań opartych o tylko jeden model (woj. małopolskie, śląskie, pomorskie).