nym) w Elektrowni Łagisza w Będzinie

W ramach przyjętej przez Zarząd we wrześniu 2001 roku strategii odtworzenia mocy wytwórczych Południowego Koncernu Energetycznego SA w Katowicach, została podjęta decyzja o budowie bloku o mocy 460 MW o parametrach nadkrytycznych w czystej technologii węglowej w PKE SA Elektrowni Łagisza. Rozpoczęcie prac i przekazanie placu budowy nastąpiło w lutym 2006 roku po wcześniejszym uzyskaniu pozwolenia na budowę i zabezpieczeniu finansowania inwestycji. Przekazanie obiektu do eksploatacji nastąpiło w czerwcu 2009 roku zgodnie z protokołem odbioru końcowego i przekazania do eksploatacji z dnia 27 czerwca 2009 roku oraz Decyzją Powiatowego Inspektora Nadzoru budowlanego w Będzinie z dnia 25.06.2009 r.

W skład nowobudowanej instalacji bloku energetycznego 460 MW na parametry nadkrytyczne z kotłem fluidalnym o mocy 460 MW i sprawności 45% wchodzi:

– kocioł (z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym):
  • temperatura pary świeżej – 560 °C
  • ciśnienie – 275 bar
  • temperatura pary wtórnie przegrzanej – 580 °C
– turbozespół:
  • turbina reakcyjna
  • generator
– emitor, chłodnia kominowa z wyprowadzeniem spalin
– wyprowadzenie mocy
  • transformator blokowy 570 MVA z regulacją napięcia pod obciążeniem
  • wyprowadzenie mocy liniami 400V.

Zastosowana w obiekcie technologia kotłów CFB (z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym) jest obecnie najnowocześniejszym sposobem konwersji paliw stałych, umożliwiającym spalanie i utylizację paliw naturalnych przy niskim poziomie emisji. Jest to pierwszy przepływowy kocioł CFB na parametry nadkrytyczne i największy kocioł z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym. Elektrownia może spalać węgiel z różnych kopalń, możliwe jest także spalanie mułu węglowego. Poziomy emisji gazowych składników spalin z obiektu będą spełniać wymagania Dyrektywy Unii Europejskiej 2001/80/WE (CFB).

W decyzji Wojewody Śląskiego z dnia 30.06.2004 r. uzgadniającej projekt budowlany inwestycji zostały określone warunki ochrony środowiska zobowiązujące między innymi koncern do wycofania z użytkowania 3 bloków 120 MW i 2 bloków 50 MW eksploatowanych dotychczas w PKE SA oraz dotrzymywanie przyjętych stężeń w spalinach tj.: NO_2 – 200 mg/Nm^3, SO_2 – 200 mg/Nm^3, pyłu – 30 mg/Nm^3. Ponadto w związku z zawartą umową pożyczki z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na budowę instalacji bloku energetycznego 460 MW Południowy Koncern Energetyczny SA w Katowicach zobowiązany był osiągnąć określony efekt ekologiczny.

Na podstawie uzyskanych rocznych danych eksploatacyjnych stwierdza się, że określone normy emisji były dotrzymane, a efekt ekologiczny zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do powietrza wyniósł:

- pyłu – 1004,7 Mg/a przy założonym 779 Mg/a
- dwutlenku siarki – 8550,1 Mg/a przy założonym 8144 Mg/a
- tlenków azotu – 1539,9 Mg/a przy założonym 982 Mg/a.

W ramach wycofania z eksploatacji dotychczas eksploatowanych bloków energetycznych zostały wycofane dwa bloki w Elektrowni „Łagisza" w Będzinie, jeden blok w Elektrowni „Siersza" w Trzebini i dwa bloki w Elektrowni „Halemba" w Rudzie Śląskiej.

4. Program ochrony powietrza dla stref województwa śląskiego, w których stwierdzone zostały ponadnormatywne poziomy substancji w powietrzu[5]

Wojciech Główkowski – Zastępca Dyrektora Wydziału Ochrony Środowiska, Urzędu Marszałkowskiego Województwa Śląskiego

Zgodnie z ustawą Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2008 r. Nr 25 poz. 150, z późn. zm.) przygotowanie i zrealizowanie Programu ochrony powietrza wymagane jest dla stref, w których stwierdzono przekroczenia poziomów dopuszczalnych lub docelowych, powiększonych w stosownych przypadkach o margines tolerancji, choćby jednej substancji spośród określonych w rozporządzeniu z dnia 3 marca 2008 roku w sprawie poziomu niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 47, poz. 281). Do stref takich na obszarze województwa śląskiego zakwalifikowano:

1. aglomerację górnośląską,
2. strefę tarnogórsko-będzińską,
3. strefę gliwicko-mikołowską,
4. aglomerację rybnicko-jastrzębską,
5. strefę raciborsko-wodzisławską,
6. strefę bieruńsko-pszczyńską,
7. miasto Bielsko-Białą,
8. strefę bielsko-żywiecką,
9. miasto Częstochowę,
10. strefę częstochowsko-lubliniecką.

Zgodnie z wykonaną klasyfikacją do wykonania

programu zakwalifikowane zostały następujące strefy:

– aglomeracja górnośląska, strefa tarnogórsko-będzińska, aglomeracja rybnicko-jastrzębska, strefa raciborsko-wodzisławska z uwagi na:
  • przekroczenie dopuszczalnej częstości przekraczania poziomu dopuszczalnego 24-godz. stężeń pyłu zawieszonego PM10 w roku kalendarzowym,
  • przekroczenie dopuszczalnego poziomu pyłu zawieszonego PM10 w roku kalendarzowym,
  • przekroczenie poziomu docelowego benzo(α)pirenu w roku kalendarzowym,
– miasto Bielsko-Biała, strefa bielsko-żywiecka, miasto Częstochowa z uwagi na:
  • przekroczenie dopuszczalnej częstości przekraczania poziomu dopuszczalnego 24-godz. stężeń pyłu zawieszonego PM10 w roku kalendarzowym,
  • przekroczenie poziomu docelowego benzo(α)pirenu w roku kalendarzowym,
– strefa gliwicko-mikołowska, strefa częstochowsko-lubliniecka, strefa bieruńsko-pszczyńska z uwagi na:
  • przekroczenie poziomu docelowego benzo(α)pirenu w roku kalendarzowym.

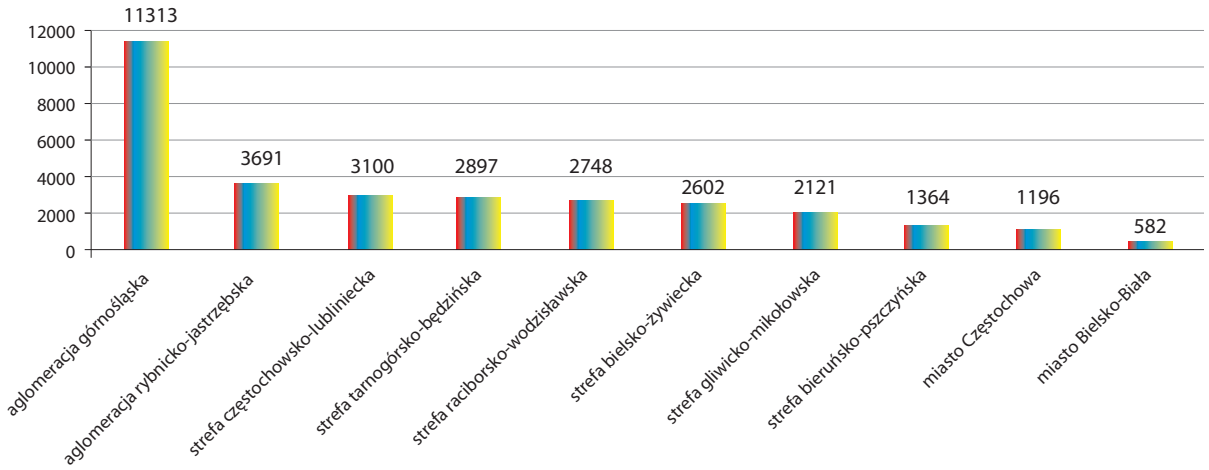
Biorąc pod uwagę kryterium ochrony roślin, strefa śląska została zakwalifikowana do opracowania programu ochrony powietrza z uwagi na przekroczenie poziomu docelowego dla ozonu, wyrażonego jako AOT 40. Na stacji tła regionalnego wskaźnik ten uśredniony dla 3 kolejnych lat wyniósł 24953 µg/m³*h.

W oparciu o zebrane podczas inwentaryzacji dane i materiały opracowano przestrzenny model emisyjny dla każdej z analizowanych stref województwa śląskiego oraz całościowy dla województwa, uwzględniający wielkość emisji punktowej, liniowej i powierzchniowej. Do budowy modelu emisyjnego wykorzystano narzędzie informatyczne – Wojewódzki Kataster Emisji, do którego wprowadzono dane pozwalające obliczyć wielkość emisji powierzchniowej, liniowej oraz punktowej. Wykorzystano możliwość integracji bazy danych z wojewódzką bazą danych opłat za korzystanie ze środowiska. Generując odpowiednie raporty z bazy określono udziały poszczególnych źródeł emisji w całkowitym ładunku poszczególnych substancji dla każdej ze stref. Tak przygotowana baza emisji stanowiła podstawę budowy modelu imisyjnego strefy. Uwzględniono również wielkości emisji napływowych z terenu innych województw oraz z zagranicy w celu ustalenia ich wpływu na wielkości stężeń substancji w strefach (wykres 21, tabela 2).

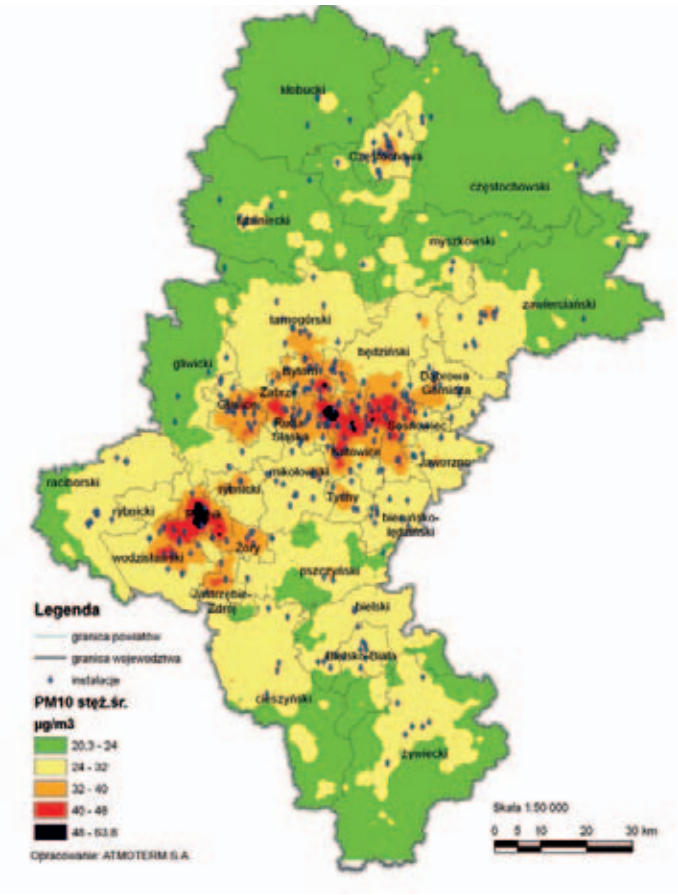
Tabela 2. Zestawienie emisji zanieczyszczeń ze źródeł na terenie kraju morawsko-śląskiego w roku bazowym 2006 (źródło: baza emisji SOZAT)

Rodzaj emisji	Wielkość ładunku pyłu PM10 [Mg/rok]
emisja punktowa	2895,64
emisja powierzchniowa	902,99
emisja liniowa	909,12
RAZEM	**4707,75**

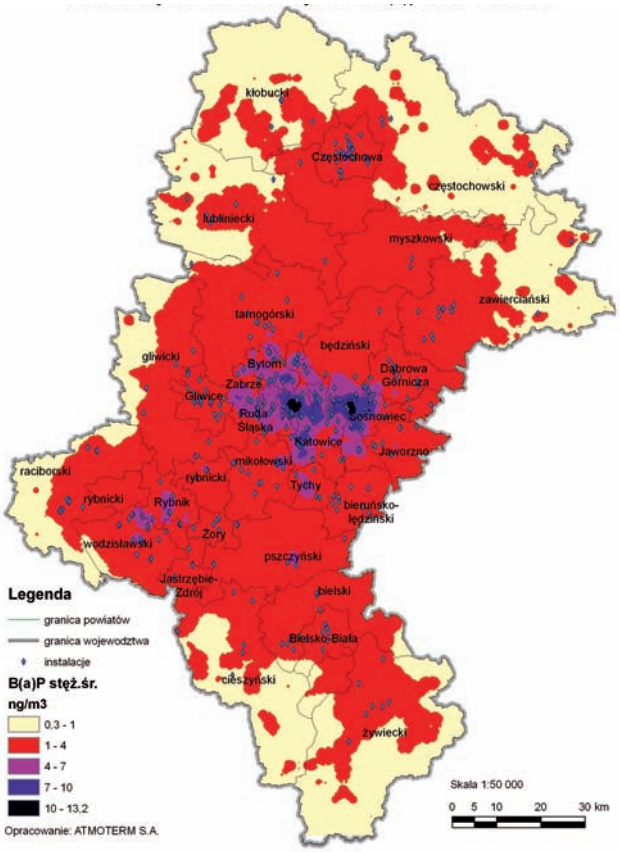
Następnie sporządzono model imisyjny przy wykorzystaniu modeli matematycznych. Wykonano kalibrację modelu w oparciu o sporządzone w II etapie bilanse emisji oraz wyniki pomiarów uzyskane na stacjach pomiarowych zlokalizowanych w każdej ze stref. Przeprowadzono modelowanie dla siatki obliczeniowej obejmującej osobno obszar każdej ze stref i w skali województwa oraz określono znaczenie poszczególnych rodzajów źródeł w imisji poszczególnych substancji. Wynikiem modelowania są mapy każdej z substancji obrazujące dokładnie obszary



Wykres 21. Emisja pyłu zawieszonego PM10 w 2006 roku [Mg]



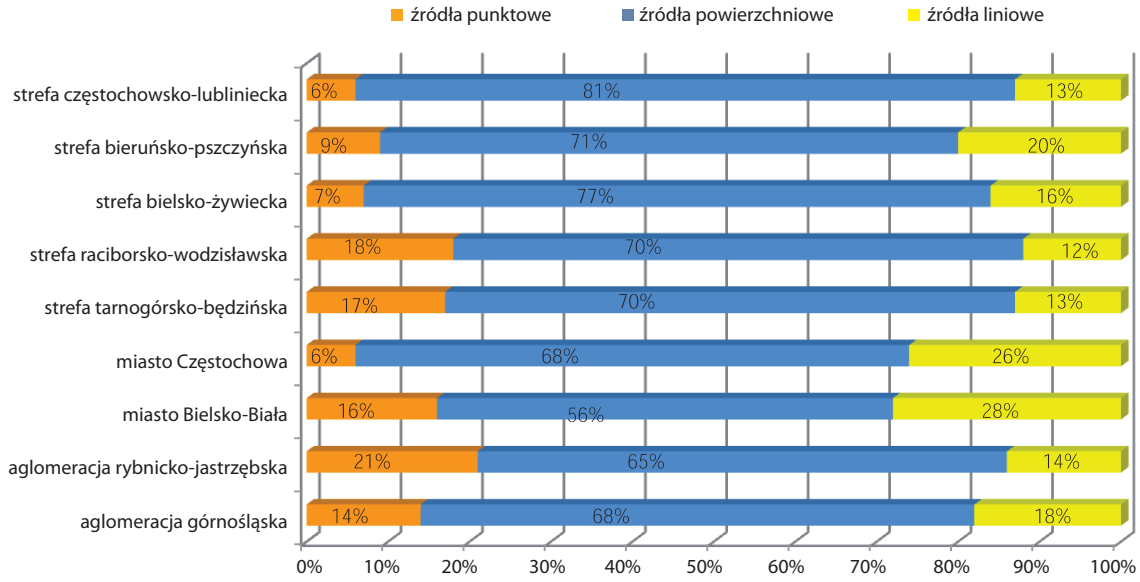
Mapa 17. Rozkład stężeń średniorocznych pyłu PM10 w 2006 roku



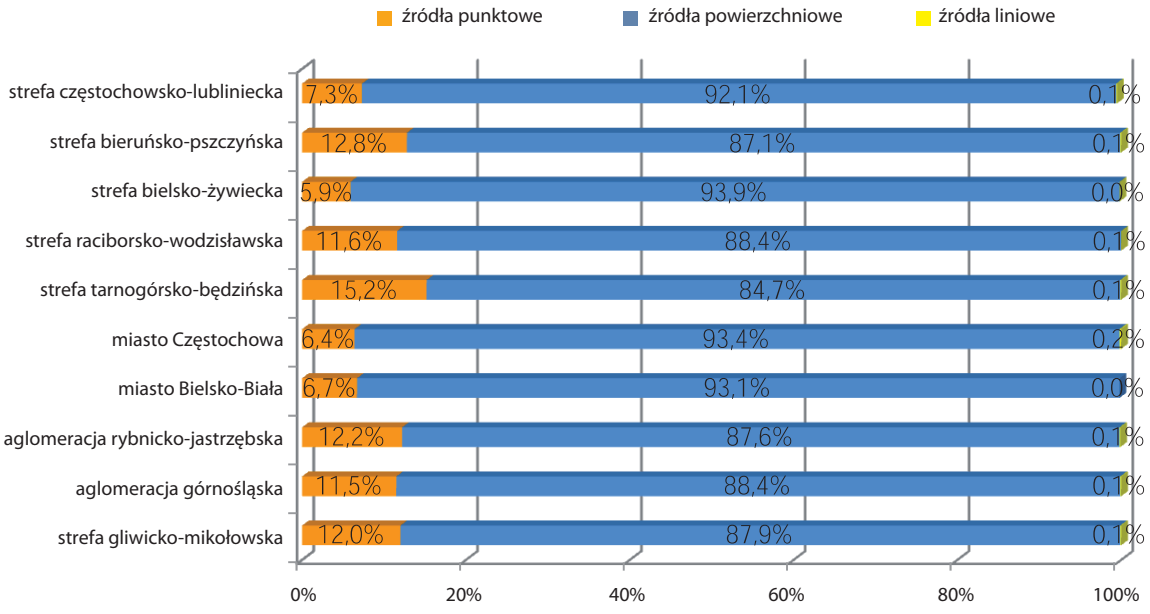
Mapa 18. Rozkład stężeń średniorocznych benzo(α)pirenu w 2006 roku

występowania przekroczeń wartości normatywnych każdej z substancji – tym samym wskazane zostały obszary, które powinny zostać objęte działaniami naprawczymi (mapy 17, 18).

Wyniki modelowania przeprowadzonego dla roku 2006 wskazują na znaczący udział „niskiej emisji" pochodzącej ze spalania paliw, głównie węgla w indywidualnych systemach grzewczych (np. kotły, piece kaflowe) w przekroczeniach dopuszczalnych poziomów pyłu zawieszonego PM10, kształtujący się na poziomie od ok. 64-78% wielkości stężeń na obszarach przekroczeń i od ok. 60-70% na pozostałych terenach stref. W przypadku benzo(α)pirenu udział „niskiej emisji" w wielkości stężeń wynosi ok. 90%. Udział źródeł liniowych czyli transportu samochodowego w obszarach przekroczeń jest generalnie większy od istotnego również udziału źródeł punktowych (przemysłowych), natomiast poza obszarami przekroczeń wzrasta wpływ emisji przemysłowej na stężenia pyłu zawieszonego PM10 (wykresy 22, 23). Jako główną przyczynę wystąpienia przekroczeń w okresie zimowym wskazano emisję z indywidualnego ogrzewania budynków, w okresie letnim – bliskość głównej drogi z intensywnym ruchem. W strefach leżących w pasie przygranicznym (bielsko-żywieckiej, raciborsko-wodzisławskiej, rybnicko-jastrzębskiej i Bielska-Białej) jako przyczynę wystąpienia przekroczeń wskazano również napływ zanieczyszczeń spoza granic kraju, natomiast w strefie tarnogórsko-będzińskiej (powiat zawierciański) – napływ zanieczyszczeń spoza strefy.



Wykres 22. Udział poszczególnych źródeł emisji w stężeniach pyłu PM10 na obszarach przekroczeń wartości dopuszczalnych



Wykres 23. Udział poszczególnych źródeł emisji w stężeniach B(α)P na obszarach przekroczeń wartości docelowej

Czynnikiem mającym negatywny wpływ na jakość powietrza w analizowanych strefach są również niekorzystne warunki klimatyczne: słabe wiatry, cisze atmosferyczne, niekorzystne sytuacje baryczne obejmujące często znaczną część kraju, inwersje temperatury oraz w niektórych przypadkach także warunki topograficzne np. położenie w dolinie. Dodatkowo lokalnie występują też szczególne warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń związane z zabudową (np. kaniony uliczne).

Dominujący udział niskiej emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem wynika z następujących elementów związanych z działalnością człowieka:

– wysokie emisje związane przede wszystkim:
  • ze spalaniem złej jakości paliw stałych;
  • ze spalaniem odpadów;
  • z nisko sprawnego procesu spalania (stare paleniska);
  • z dużego zapotrzebowania na ciepło;
– parametry wprowadzania zanieczyszczeń do powietrza (niskie emitory, duże zagęszczenie źródeł niskiej emisji (osiedla).

Analiza możliwych do zastosowania działań naprawczych poprzedzona została określeniem koniecznego do uzyskania efektu ekologicznego oraz rzeczywistej sytuacji w danej strefie, a dokładnie w obszarze występowania przekroczeń (zawężenie do obszaru miasta, gminy lub powiatu). Sporządzono listę możliwych do zastosowania działań, a następnie dokonano wyboru kryteriów oceny ich efektywności (wykres 24).

Wykonana analiza ilościowa i jakościowa działań, w oparciu o zdefiniowane wcześniej kryteria, pozwoliła na zaproponowanie działań naprawczych zmierzających do ograniczenia wielkości stężeń poszczególnych substancji na wyznaczonym obszarze. Sporządzono zgodny z obowiązującymi przepisami harmonogram rzeczowo-finansowy realizacji wszystkich działań, oszacowano środki finansowe niezbędne do realizacji programu oraz wskazano potencjalne źródła finansowania.

Cel główny: dotrzymanie standardów jakości powietrza w zakresie pyłu PM10 oraz znacząca redukcja stężeń B(α)P, nawet przy niekorzystnych warunkach klimatycznych, najpóźniej do roku 2020.

Cele taktyczne

W zakresie niskiej emisji:

1. wyeliminowanie spalania odpadów w kotłach i piecach domowych oraz na otwartych przestrzeniach,
2. wyeliminowanie spalania węgla złej jakości w kotłach i piecach domowych.

W zakresie emisji liniowej:

3. wsparcie istniejących działań i inwestycji w zakresie transportu, które przyczyniają się w istotny sposób do poprawy jakości powietrza na obszarach przekroczeń,
4. ograniczanie emisji ze źródeł komunikacyjnych, w tym emisji wtórnej oraz emisji z pojazdów ciężarowych, autobusowych oraz niespełniających norm EURO na obszarach przekroczeń.

W zakresie emisji przemysłowej:

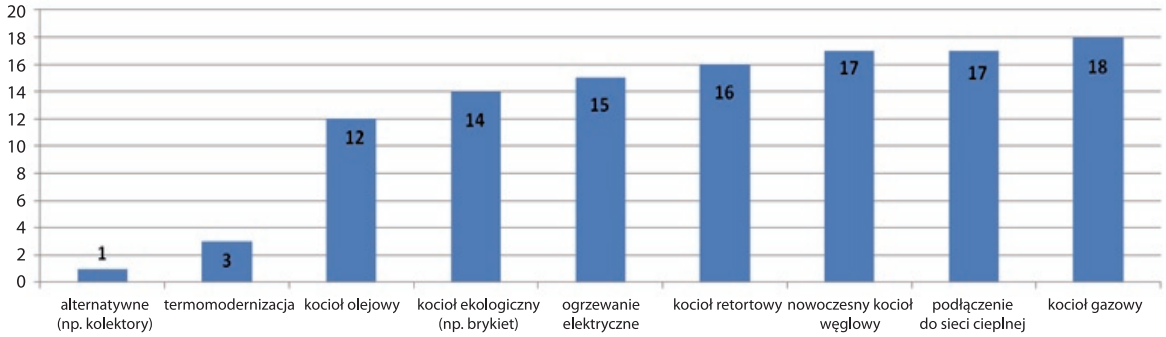
5. systemowe ograniczenie emisji ze źródeł przemysłowych na obszarach przekroczeń z uwzględnieniem małych źródeł o niekorzystnych parametrach wprowadzania zanieczyszczeń do powietrza (niskie emitory zlokalizowane na obszarach zabudowanych).

Ogólne:

6. stworzenie mechanizmów umożliwiających wdrożenie i zarządzanie POP.

Główne bariery to:

- ceny inwestycyjne i eksploatacyjne paliw/technologii niskoemisyjnych;
- charakterystyka dostępności paliw w województwie śląskim – oparta na węglu;
- kultura i tradycja węglowa Śląska;
- brak możliwości dofinansowania kosztów eksploatacyjnych;
- brak narzędzi prawnych umożliwiających egzekucję i kontrolę nakazów związanych ze stosowaniem określonych paliw;
- ostatnie zmiany prawne związane ze zmianami w funduszach ochrony środowiska, uniemożliwiające dofinansowanie osób fizycznych w ramach Programu Ograniczania Niskiej Emisji.



Wykres 24. Wskaźnik efektywności kosztowej uzyskania efektu ekologicznego w postaci redukcji PM10

5. Monitoring BTX na terenie województwa śląskiego w 2009 roku

Halina Pyta – Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrzu

Pomiary stężenia benzenu i alkilopochodnych (BTX) w 2009 roku prowadzono metodą manualną z pasywnym pobieraniem próbek oraz metodą automatyczną z wykorzystaniem chromatografów gazowych pracujących w trybie on-line.

Pomiary z użyciem próbników pasywnych (rurki ORSA5 z węglem aktywnym) wykonywały laboratoria WIOŚ w Bielsku-Białej i w Częstochowie. Próbki pobierano w sposób ciągły, w cyklach 4-tygodniowych, w 31 stałych punktach. Lokalizację punktów pomiarowych oraz średnie stężenie benzenu w 2009 roku i dla porównania – w latach 2004-2008 przedstawiono na mapie 19.

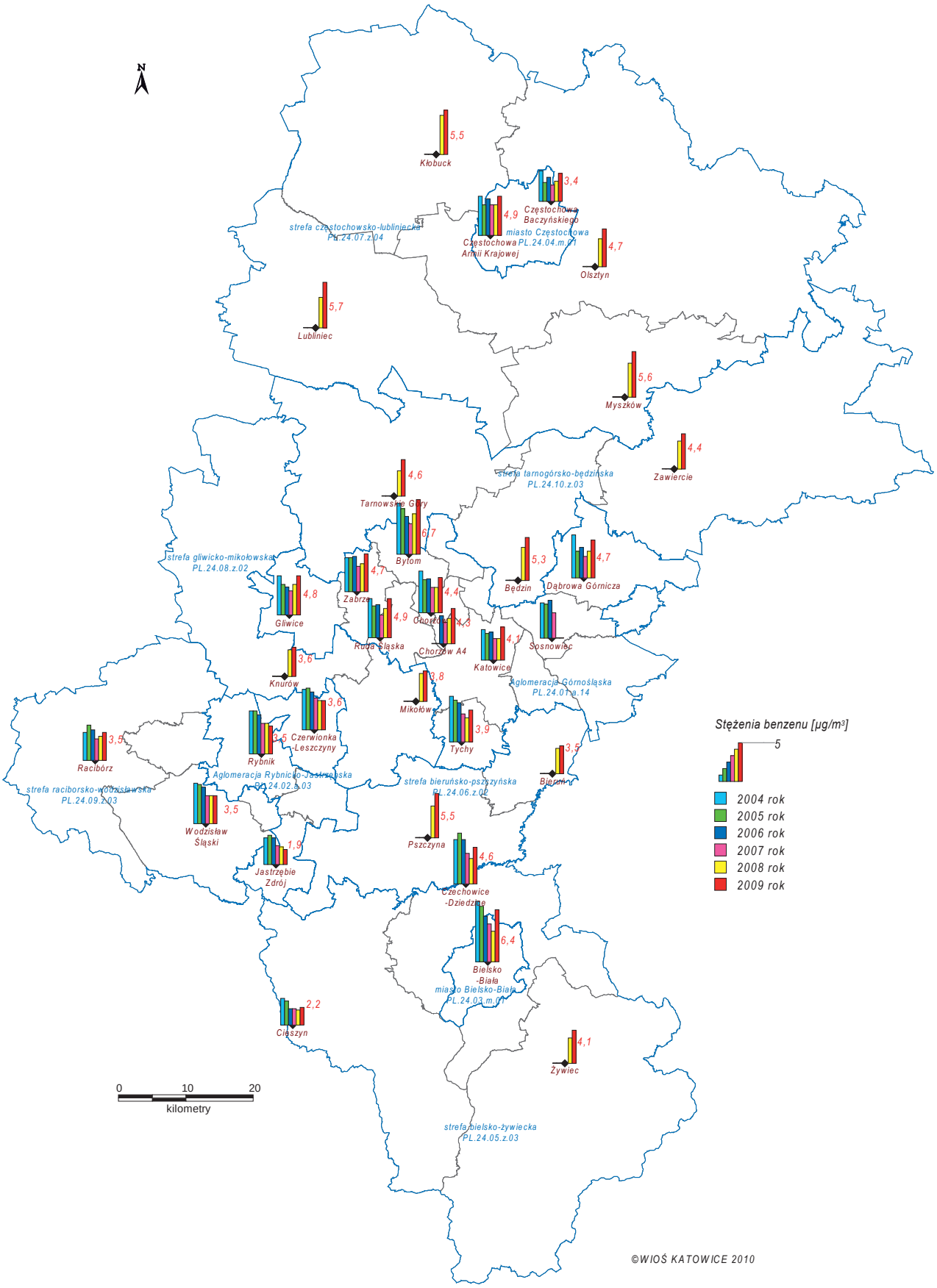
Średnie stężenie benzenu w 2009 roku przyjmowało wartości od 1,9 µg/m^3 w Jastrzębiu Zdrój do 6,7 µg/m^3 w Bytomiu. Dopuszczalne stężenie średnioroczne, które wraz z obowiązującym w 2009 roku marginesem tolerancji wynosiło 6 µg/m^3, zostało przekroczone na dwóch stanowiskach pomiarowych – w Bytomiu oraz w Bielsku-Białej (6,4 µg/m^3). Stężenie benzenu powyżej dopuszczalnego poziomu 5 µg/m^3 odnotowano na stanowiskach w Będzinie (5,3 µg/m^3), w Kłobucku i Pszczynie (5,5 µg/m^3), Myszkowie (5,6 µg/m^3) i w Lublińcu (5,7 µg/m^3), zlokalizowanych w sąsiedztwie ruchliwych skrzyżowań i narażonych na emisję pochodzenia motoryzacyjnego. W przypadku 28 stanowisk, w 2009 roku odnotowano wzrost stężenia benzenu od 3 do 69% w stosunku do roku 2008. W przypadku trzech pozostałych stanowisk nie zaobserwowano zmian lub odnotowano nieznaczny spadek stężenia. Generalnie wzrost stężenia benzenu w odniesieniu do stanu za 2008 rok był efektem niższej średniej temperatury powietrza w sezonie zimowym 2009 roku (wyższa emisja benzenu ze spalania węgla do celów grzewczych, gorsze warunki spalania i wyższa emisja benzenu z silników samochodowych).

Automatyczny monitoring BTX prowadzono w dwóch stacjach monitoringu powietrza w aglomeracji górnośląskiej – w Dąbrowie Górniczej (analizator Environnement VOC 71M, GC-PID) oraz w Zabrzu (analizator AirmoVOC C6-C12 Chromatotec, GC-FID). Stanowisko w Dąbrowie Górniczej obsługiwane jest przez WIOŚ w Katowicach i włączone do systemu teletransmisji danych, a wyniki pomiarów – dostępne pod adresem http://stacje.katowice.pios.gov.pl/iseo. W związku z powyższym, w przypadku Dąbrowy Górniczej ograniczono się do przedstawienia pod-

Tabela 3. Wybrane parametry statystyczne serii 30-min. wyników automatycznych pomiarów stężenia BTX w Dąbrowie Górniczej w 2009 roku

Okres	Substancja	Liczba oznaczeń	Średnia [µg/m^3]	Odchylenie standardowe [µg/m^3]	Percentyl [µg/m^3]			Maksimum [µg/m^3] Termin wystąpienia
					25	50	75	
sezon letni	Benzen	8206	0,47	0,91	p.g.o.	p.g.o.	0,80	14,00 14-05 07:00
	Toluen	8205	1,27	2,18	p.g.o.	0,10	1,70	23,80 22-07 19:00
	Etylobenzen	8207	0,12	0,61	p.g.o.	p.g.o.	p.g.o.	18,50 25-05 23:00
	m,p-Ksylen	8207	0,84	1,92	p.g.o.	p.g.o.	0,80	29,40 22-07 19:30
sezon zimowy	Benzen	8595	2,58	2,91	0,80	1,70	3,40	25,40 04-02 18:00
	Toluen	8595	1,86	2,53	p.g.o.	1,20	2,50	32,70 04-02 18:30
	Etylobenzen	8595	0,12	0,47	p.g.o.	p.g.o.	p.g.o.	7,50 22-01 00:00
	m,p-Ksylen	8594	1,01	1,89	p.g.o.	p.g.o.	1,40	29,40 22-01 00:00
średnio	Benzen	16801	1,55	2,42	p.g.o.	0,80	2,00	25,40 04-02 18:00
	Toluen	16800	1,57	2,39	p.g.o.	0,80	2,10	32,70 04-02 18:30
	Etylobenzen	16802	0,12	0,55	p.g.o.	p.g.o.	p.g.o.	18,50 25-05 23:00
	m,p-Ksylen	16801	0,92	1,91	p.g.o.	p.g.o.	1,20	29,40 22-07 19:30

p.g.o. - stężenie BTX poniżej granicy oznaczalności



Mapa 19. Lokalizacja punktów pomiarowych oraz średnie stężenie benzenu w latach 2004-2009

stawowych parametrów zmienności stężenia BTX (tabela 3).

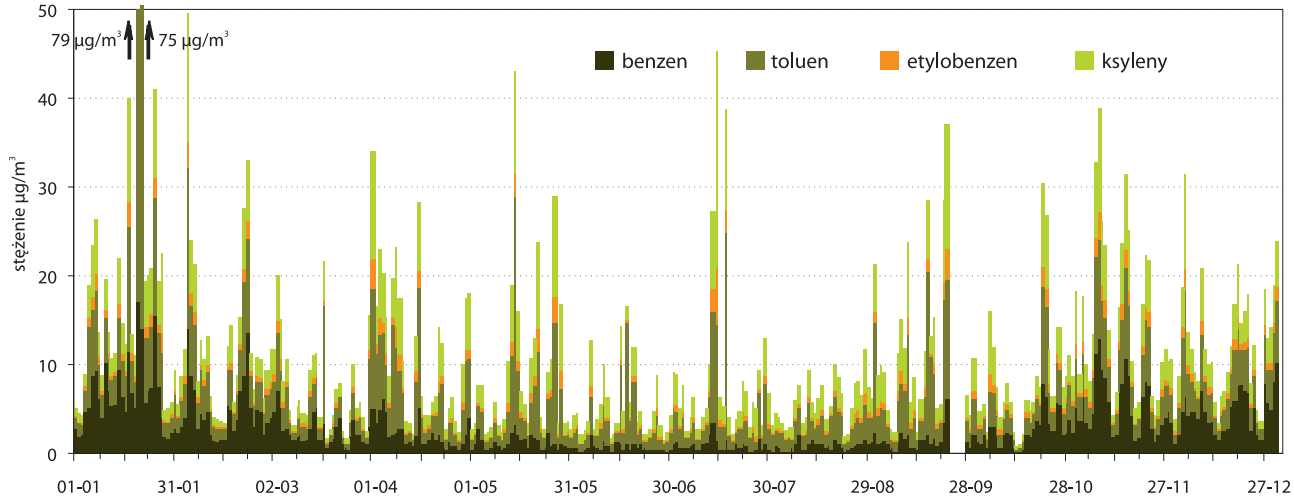
Szczegółowo omówiono wyniki pomiarów uzyskane na stanowisku w Zabrzu, które było obsługiwane przez IPIŚ PAN i pozostawało poza systemem automatycznej akwizycji danych (tabela 4, wykresy 25-28).

Średnioroczne stężenie benzenu, toluenu, etylobenzenu i m+p-ksylenu dla stacji w Dąbrowie Górniczej wynosiło odpowiednio 1,55 µg/m^3, 1,57 µg/m^3, 0,12 µg/m^3 i 0,92 µg/m^3. Średnie stężenie benzenu w 2009 roku nie przekroczyło więc dopuszczalnego poziomu średniorocznego 5 µg/m^3. Sezonowe zróżnicowanie stężenia odnotowano w przypadku benzenu i toluenu. Stężenie benzenu w sezonie zimowym (miesiące styczeń-marzec oraz październik -grudzień) było 5-krotnie wyższe, a stężenie toluenu o blisko 50% wyższe niż średnie stężenia tych związków w sezonie letnim. W przypadku ksylenu i etylobenzenu ocenę zróżnicowania sezonowego uniemożliwia wysoki odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności metody.

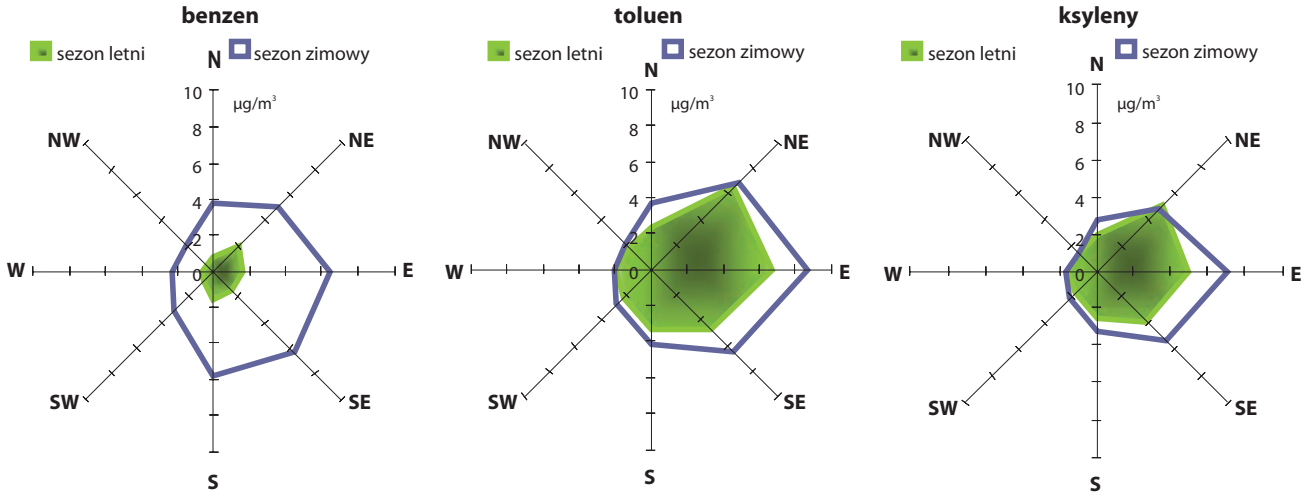
Średnie stężenie benzenu na stacji w Zabrzu w 2009 roku wynosiło 2,84 µg/m^3, co stanowi 57% dopuszczalnego poziomu 5 µg/m^3 i mieści się w przedziale pomiędzy dolnym a górnym progiem oszacowania. Stężenie to było nieznacznie wyższe od średniej za 2008 rok (2,71 µg/m^3). Średnie sezonowe stężenie benzenu w 2009 roku wynosiło: sezon letni – 1,20 µg/m^3, sezon zimowy – 4,43 µg/m^3. Dla porównania w 2008 roku było to odpowiednio 1,78 µg/m^3 i 3,67 µg/m^3. Wyższe średnie stężenie benzenu w 2009 roku było zatem spowodowane wyższą niż w 2008 roku emisją tego związku w okresie grzewczym. Od kilku lat na stanowisku w Zabrzu notowany jest systematyczny spadek stężenia benzenu w sezonie letnim, a 2009 rok był rokiem o rekordowo niskim średnim stężeniu w tym sezonie. Średnie miesięczne stężenie benzenu przyjmowało w 2009 roku wartości od 0,65 µg/m^3 (czerwiec) do 6,67 µg/m^3 (styczeń). Najwyższe 30-min. stężenie benzenu w sezonie zimowym 2009 r. odnotowano w styczniu i wynosiło ono 52,63 µg/m^3. Najwyższe 30-min. stężenie benzenu w sezonie letnim zarejestrowano w lipcu i było ono prawie 2-krotnie niższe niż maksimum zimowe (29,51 µg/m^3 – tabela 4). Zdecydowana większość epizodów wysokiego stężenia benzenu i pozostałych BTX, zarówno w sezonie letnim, jak i zimowym, miała miejsce w godzinach od 0:00 do 6:30, co można

Tabela 4. Wybrane parametry statystyczne serii 30-min. wyników automatycznych pomiarów stężenia BTX w Zabrzu w 2009 roku

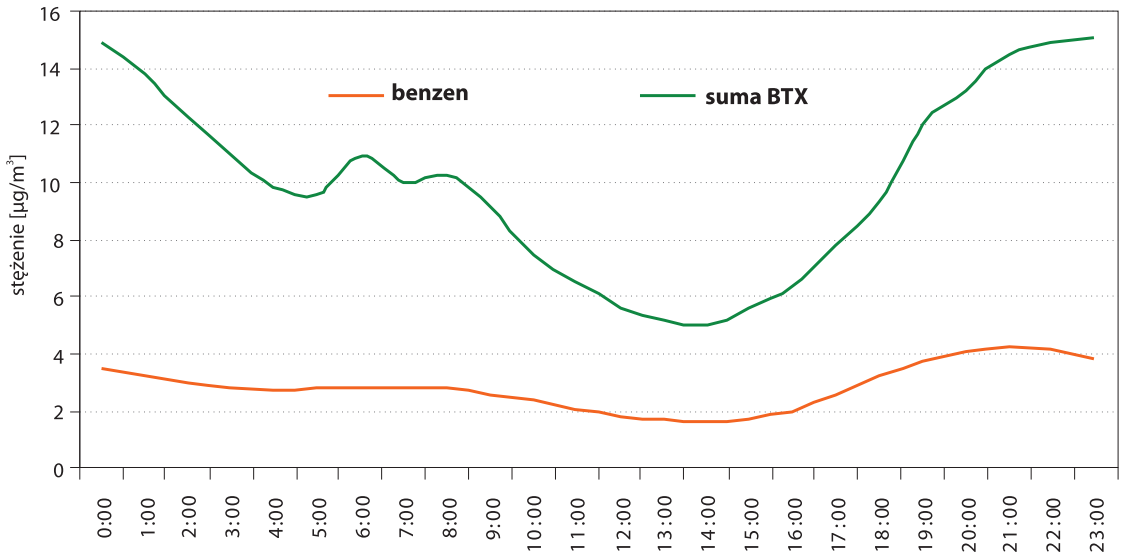
Okres	Substancja	Liczba oznaczeń	Średnia [µg/m^3]	Odchylenie standardowe [µg/m^3]	Percentyl [µg/m^3]			Maksimum [µg/m^3] Termin wystąpienia
					25	50	75	
sezon letni	Benzen	8262	1,20	2,05	0,19	0,46	1,45	29,51 13-07 02:00
	Toluen		3,83	13,21	0,83	1,44	2,89	358,72 16-09 06:30
	Etylobenzen		0,71	2,18	0,16	0,29	0,61	100,34 14-07 00:00
	m,p-Ksylen		2,32	6,77	0,50	0,94	1,98	274,04 14-07 00:00
	o-Ksylen		0,62	1,22	0,22	0,34	0,62	48,05 14-07 00:00
sezon zimowy	Benzen	8524	4,43	4,64	1,57	3,19	5,64	52,63 20-01 19:30
	Toluen		4,28	8,90	1,46	2,51	4,38	332,29 21-01 21:30
	Etylobenzen		0,81	1,22	0,27	0,48	0,87	32,48 21-01 02:00
	m,p-Ksylen		2,54	4,21	0,79	1,45	2,72	146,06 21-01 02:00
	o-Ksylen		0,74	0,99	0,28	0,47	0,82	21,18 21-01 02:00
średnio	Benzen	16786	2,84	3,95	0,38	1,53	3,71	52,63 20-01 19:30
	Toluen		4,06	11,24	1,05	1,97	3,79	358,72 16-09 06:30
	Etylobenzen		0,76	1,76	0,20	0,39	0,77	100,34 14-07 00:00
	m,p-Ksylen		2,43	5,62	0,61	1,19	2,42	274,04 14-07 00:00
	o-Ksylen		0,68	1,11	0,24	0,40	0,73	48,05 14-07 00:00



Wykres 25. Średnie 24h stężenie sumy BTX, uzyskane w pomiarach automatycznych w Zabrzu w 2009 roku



Wykres 26. Średnie stężenie benzenu, toluenu i sumy izomerów ksylenu w sektorach 8-kierunkowej róży wiatrów, uzyskane w pomiarach automatycznych w Zabrzu w 2009 roku

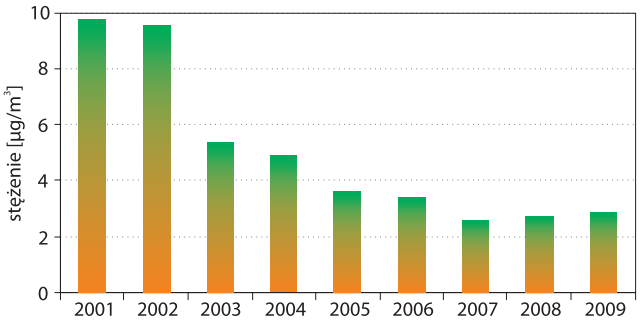


Wykres 27. Średnie stężenie benzenu i sumy BTX w kolejnych godzinach doby, uzyskane w pomiarach automatycznych w Zabrzu, w 2009 roku

tłumaczyć warunkami meteorologicznymi utrudniającymi dyspersję zanieczyszczeń (częstsze przypadki cisz anemologicznych, słabsze mieszanie pionowe).

Porównując 1h poziomy stężenia benzenu w 2009 roku i 2008 roku odnotowano nieznacznie wyższy odsetek stężeń przekraczających normatywny poziom 5 µg/m³. W latach 2009 i 2008 było to odpowiednio 17% i 16% danych. Dla porównania w 2006 roku (sytuacje smogowe w styczniu i lutym) zarejestrowano 19% 1h stężeń benzenu powyżej 5 µg/m³. W serii 1h stężeń BTX w 2009 roku odnotowano przypadki przekraczania wartości odniesienia (D_{1h}) obowiązujących dla benzenu, toluenu i ksylenu, które to wartości można traktować jak referencyjne, choć nie zostały one ustalone dla potrzeb oceny jakości powietrza, a do celów limitowania wielkości emisji. W przypadku benzenu (D_{1h}=30 µg/m³) i ksylenu (D_{1h}=100 µg/m³) liczba przekroczeń wartości odniesienia wynosiła odpowiednio 15 i 5. Natomiast w przypadku toluenu liczba przekroczeń D_{1h}=100 µg/m³ wynosiła 22 i podobnie jak w 2008 roku było to powyżej dopuszczalnej częstości przekraczania, tj. 17 przypadków stężeń 1h dla 0,2% czasu w roku.

Sumaryczne 24h stężenie benzenu, toluenu, etylobenzenu oraz izomerów ksylenu zmieniało się w 2009 roku od 2 do 79 µg/m³ (wykres 25). Wyraźnie wyższe stężenie sumy BTX, z częstszymi epizodami wysokiego stężenia, zaobserwowano w sezonie zimowym. Średni w 2009 roku udział poszczególnych BTX przedstawiał się następująco: toluen – 38%, izomery ksylenu – 29%, benzen – 26%, etylobenzen – 7%. Analizując wkład poszczególnych związków w sumaryczne stężenie BTX należy podkreślić dominujący udział benzenu i toluenu w sezonie zimowym, a w sezonie letnim – dominujący udział toluenu i ksylenu. Różnice te mogą wskazywać na odmienne pochodzenie benzenu i pozostałych BTX. Różne źródła emisji benzenu i dwóch innych związków o istotnym udziale w sumie BTX – toluenu i ksylenu - potwierdzają również róże stężeń przedstawione na wykresie 26. Przeciętny dobowy i kierunkowy rozkład stężenia BTX w 2009 roku jest niemal identyczny jak w latach 2007 – 2008. Można więc stwierdzić, że są to charakterystyki długoterminowe, opisujące w miarę stabilną, lokalną sytuację imisyjną. Wysokie wartości 30-min. stężeń BTX, zwłaszcza toluenu i m+p ksylenu oraz fakt, że maksymalne stężenia wszystkich związków, poza benzenem, odnotowano w sezonie letnim (tabela 4), świadczy o istotnym udziale emisji technologicznej (koksochemia) w tle powodowanym przez rozproszone źródła motoryzacyjne i stacje



Wykres 28. Średnioroczne stężenie benzenu na stanowisku w Zabrzu, w latach 2001-2009

paliw. Podwyższone stężenie sumy BTX w sezonie zimowym, głównie za sprawą benzenu, to efekt wyższej emisji ze źródeł energetyki zawodowej i źródeł komunalnych (niska emisja) oraz gorszych niż w sezonie letnim warunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń.

Śledząc zmiany stężenia BTX w kolejnych godzinach doby widać różnice pomiędzy przeciętnym rozkładem stężenia benzenu, a rozkładem pozostałych węglowodorów (wykres 27). Uśredniony w 2009 roku dobowy rozkład stężenia benzenu jest znacznie mniej zróżnicowany. Silniejsza zmienność stężenia sumy BTX w ciągu doby to efekt większej aktywności niektórych źródeł emisji toluenu i ksylenu w godzinach wieczornych i nocnych. Jest to również rezultat konwersji chemicznej obu związków, zachodzącej pod wpływem promieniowania słonecznego, co uwidacznia się spadkiem stężenia sumy BTX w godzinach okołopołudniowych, w szczególności latem.

Od 2005 roku obserwuje się w Zabrzu wyraźną zmianę profilu imisji benzenu w stosunku do 2001 roku, kiedy rozpoczęto ciągłe pomiary stężenia BTX w IPIŚ PAN (wykres 28). Redukcja emisji benzenu z instalacji koksowniczych, ograniczenie zawartości benzenu i innych węglowodorów aromatycznych w etylinie oraz wyeliminowanie benzenu z niektórych technologii, usług i działalności laboratoryjnej przyczyniły się do spadku średniorocznego stężenia benzenu w Zabrzu z ok. 200% poziomu dopuszczalnego w 2001 roku do ponad 50% wartości stężenia dopuszczalnego w latach 2007-2009. Od 2005 roku obserwuje się wyraźny spadek stężenia benzenu w sezonie letnim. Wyższe stężenie benzenu w sezonie zimowym (około 3-krotnie w stosunku do okresu letniego) wynika ze specyfiki emisji tego związku w rejonie stacji WIOŚ w Zabrzu, pochodzącej głównie z procesów energetycznego spalania paliw w sezonie grzewczym i termicznej konwersji surowców energetycznych.

6. Podsumowanie wyników pomiarów stężeń pyłu PM2,5 w Aglomeracji Górnośląskiej w 2009 roku

Krzysztof Klejnowski, Jadwiga Błaszczyk – Zakład Ochrony Powietrza, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrzu

Narażenie na oddziaływanie pyłu zawieszonego PM2,5 uznawane jest przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) za istotny czynnik ryzyka zdrowotnego. Do chwili obecnej nie określono progu, poniżej którego PM2,5 nie stanowiłby takiego zagrożenia. W ramach programu CAFE (Clean Air for Europe) w Unii Europejskiej wypracowano jednolite standardy jakości powietrza dla PM2,5 i zaproponowano strategię monitorowania stężeń i składu chemicznego PM2,5 w krajach członkowskich. Znalazło to odzwierciedlenie w przyjętej 21 maja 2008 roku przez Parlament Europejski i Radę dyrektywie w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy[6].

Dla zapewnienia minimalnego stopnia ochrony zdrowia wyznaczono wartość dopuszczalną, którą w pierwszej fazie poprzedza wartość docelową. Wartość docelową określono jako średnią roczną równą 25 µg/m^3, termin osiągnięcia wartości docelowej określono na dzień 1 stycznia 2010 roku. Ponadto określono wartość dopuszczalną w I etapie – 25 µg/m^3 (termin osiągnięcia 1.01.2015 r.), w II etapie – 20 µg/m^3 (termin osiągnięcia 1.01.2020 r.).

W odniesieniu do PM2,5 rok 2009 w województwie śląskim był rokiem intensywnych prac związanych z implementacją wspomnianej dyrektywy, w tym dostosowania regionalnego systemu monitoringu jakości powietrza do jej wymogów.

Zgodnie z „Programem Państwowego Monitoringu Środowiska Województwa Śląskiego na lata 2010-2012", Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach utworzył 11 stanowisk pomiarowych PM2,5 (9 manualnych i 2 automatyczne). Dla potrzeb oceny wskaźnika średniego narażenia AEI (Average Exposure Indicator), jednego z parametrów określonych w dyrektywie w kontekście zarządzania jakością powietrza, którego wartość uśredniona dla kraju decydować będzie o tzw. celu redukcyjnym dla Polski, na terenie województwa śląskiego zlokalizowano 5 stanowisk pomiarowych (Bielsko Biała, Częstochowa, Gliwice, Żory, Katowice).

Pomiary stężeń PM2,5 w województwie śląskim mają długoletnią historię. Prowadzone są od 2001 roku na terenie Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrzu (w ramach prac badawczych i PMŚ). Stężenia chwilowe pyłu PM2,5 mierzone są przy pomocy automatycznego miernika TEOM® seria 1400a z głowicą PM2,5. Dodatkowo prowadzone są pomiary grawimetryczne stężeń dobowych z wykorzystaniem pobornika Dichotomous Partisol 2025 Plus w zakresie frakcji PM2,5 i PM(2,5-10). Ponadto prowadzone są badania składu chemicznego ww. frakcji i ciągły pomiar stężeń sadzy (BC, black carbon) w pyle PM2,5.

Z uwagi na trwające w 2009 roku prace i niepełne serie pomiarowe uzyskane w ramach budowanej sieci PM2,5, poniżej przedstawiono wybrane wyniki ze stanowisk pomiarowych w Katowicach, w Gliwicach, w Dąbrowie Górniczej i w Żorach, a także ze stanowiska w Zabrzu ilustrującego aktualny poziom i długoterminowe trendy zmian stężeń PM2,5 w obszarze województwa śląskiego.

6.1. Wyniki pomiarów ciągłych

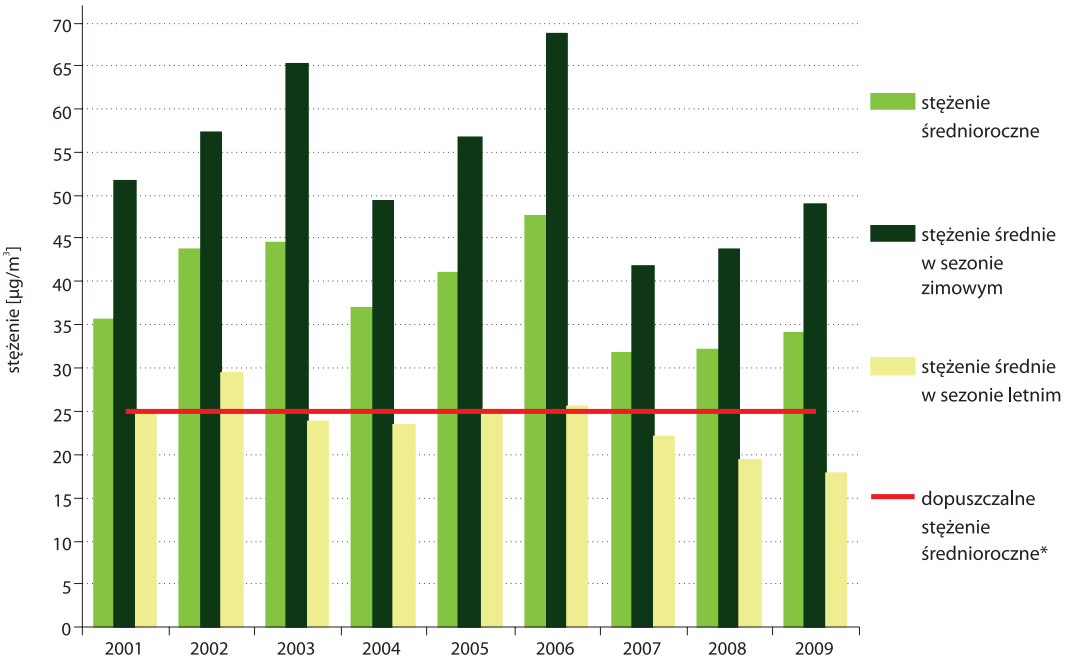
W roku 2009 pomiary ciągłe prowadzono w Dąbrowie Górniczej, w Gliwicach, w Katowicach i w Zabrzu. Punkt pomiarowy w Zabrzu prezentuje wieloletnie trendy zmian stężeń. W roku 2009 roku w serii pomiarów 30-minutowych zaobserwowano większy, w porównaniu z poprzednim rokiem badań, zakres zmienności stężenia chwilowego pyłu PM2,5; maksymalne stężenie wynosiło 693 µg/m^3 (tabela 5). Wyliczone w oparciu pomiary automatyczne stężenia dobowe pyłu PM2,5 w 2009 roku przyjmowały wartości z przedziału 4,9-182,4 µg/m^3. Stężenie średnie wynosiło 34,1 µg/m^3, a wartość środkowa (mediana) 23,3 µg/m^3.

Na wykresie 29 przedstawiono porównanie średnich stężeń PM2,5 w roku 2009 z danymi z lat 2001-2008. Zestawienie to pokazuje, że w 2009 roku odnotowano nieznaczny wzrost stężenia średniorocznego w stosunku do roku poprzedniego, utrzymał się jednak odnotowany w 2007 roku znaczny spadek średniej rocznej i średnich sezonowych w porównaniu z pozostałymi okresami badań. Na wartość stężeń średniorocznych rzutowała sytuacja w okresie zimowym – średnia sezonowa wynosiła 48,9 µg/m^3 i była wyższa niż w latach 2007-2008. W sezonie letnim średnia wynosiła 17,9 µg/m^3 i była najniższa od 9 lat. Przedstawiona na wykresie 30 zmienność stężeń dobowych w poszczególnych miesiącach ilustruje fakt występowania wysokich stężeń pyłu PM2,5 w sezonie zimowym. Podobnie jak w latach poprzednich w sezonie letnim, w okresie maj-sierpień, średnie stężenia miesięczne nie przekraczały 25 µg/m^3. Na wysoką wartość średniej rocznej wpłynęła sytuacja imisyjna z I i IV kwartału 2009 roku, kiedy odnotowano utrzymywanie się wysokich stężeń pyłu PM2,5.

Tabela 5. Statystyka stężeń pyłu PM2,5 w Zabrzu w latach 2001-2009 – pomiar automatyczny

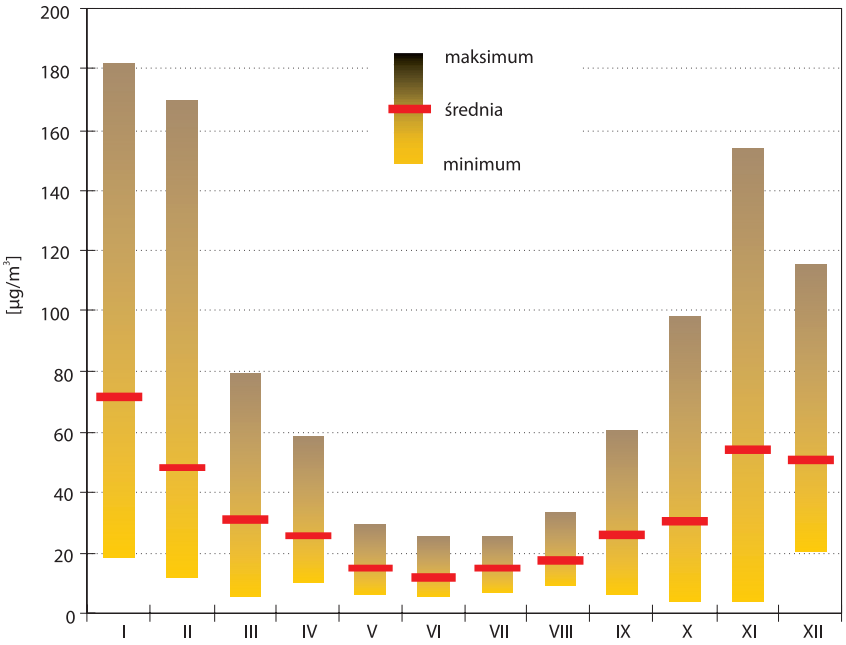
Wyszczególnienie	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Stężenia 30-minutowe									
Udział ważnych danych [%]	82,8	95,9	98,3	94,8	98,3	93,4	93,9	95,4	91,9
Maksimum [µg/m³]	564,2	676,6	590,7	719,2	701,8	978,6	532,0	401,0	693,0
Średnia [µg/m³]	35,7	43,8	44,7	37,2	41,1	48,0	32,0	32,1	34,3
Odchylenie standardowe [µg/m³]	40,0	50,5	51,4	45,7	44,6	70,1	38,3	37,0	43,4
Percentyl 25 [µg/m³]	14,1	16,1	15,0	13,4	14,8	14,5	11,0	11,0	11,0
Mediana [µg/m³]	24,6	28,4	28,2	23,5	26,7	27,6	21,0	19,0	21,0
Percentyl 75 [µg/m³]	42,3	50,6	51,4	43,2	49,6	51,4	37,0	38,0	40,0
Stężenia dobowe**									
Udział ważnych danych [%]	83,8	97,5	99,7	96,2	99,5	94,2	93,7	95,1	91,2
Minimum [µg/m³]	5,0	4,9	4,9	5,8	6,0	6,6	5,5	4,1	4,9
Maksimum [µg/m³]	233,0	323,7	222,0	226,0	188,3	463,1	162,2	149,1	182,4
Średnia [µg/m³]	35,7	43,8	44,5	37,0	40,9	47,7	31,7	32,1	34,1
Odchylenie standardowe [µg/m³]	28,5	38,9	38,5	30,3	33,3	54,6	25,8	25,8	30,3
Percentyl 25 [µg/m³]	17,9	20,3	19,4	17,1	18,5	18,1	14,9	14,5	15,2
Mediana [µg/m³]	27,5	31,2	29,7	25,9	29,6	32,2	23,1	23,5	23,3
Percentyl 75 [µg/m³]	44,1	54,5	57,7	47,2	52,0	53,4	40,1	42,5	41,9
AEI [µg/m³]***	-	-	41,3	41,8	40,8	41,9	40,1	37,2	32,6

* pomiary rozpoczęto 1 marca 2001 r.,
** pokrycie czasu w ciągu doby – przynajmniej 75%,
*** wskaźnik średniego narażenia (Average Exposure Indicator AEI) jako 3-letnia średnia krocząca z wartości średnich rocznych, roku bieżącego i dwóch lat poprzednich dla punktu pomiarowego w Zabrzu.



* dopuszczalne stężenie średnioroczne pyłu PM2,5 wg Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy. Dz. U. Unii Europejskiej nr L 152 z dnia 11.06.2008 r.

Wykres 29. Średnie stężenia pyłu PM2,5 w Zabrzu w latach 2001-2009



Wykres 30. Zmienność stężeń dobowych pyłu PM2,5 w Zabrzu w poszczególnych miesiącach 2009 roku

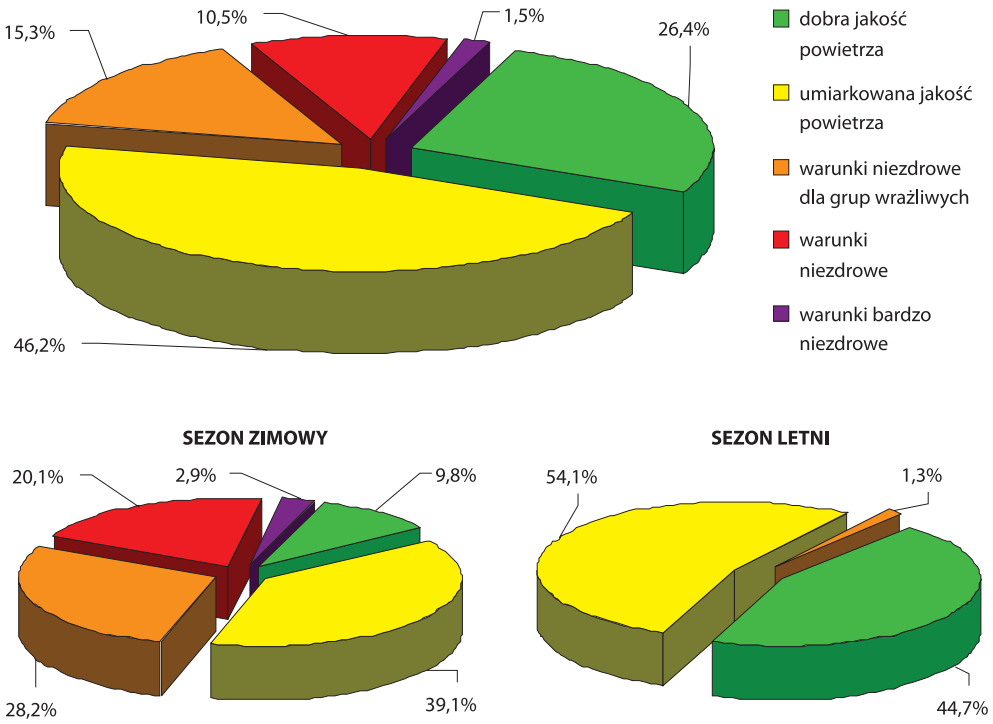
Wysokie stężenia związane były z tzw. niską emisją komunalną, spowodowaną niskimi temperaturami powietrza.

W roku 2009 odnotowano znaczny spadek poziomu narażenia na ekspozycję PM2,5; ilustruje to przedstawiona w tabeli 5 wartość 3-letniej średniej kroczącej dla Zabrza, z wartości średnich rocznych, roku bieżącego i dwóch lat poprzednich, która przyjęła wartość najniższą z okresu 7 lat i wynosiła 32,6 µg/m³, przy wartości maksymalnej 41,9 µg/m³ w 2006 roku.

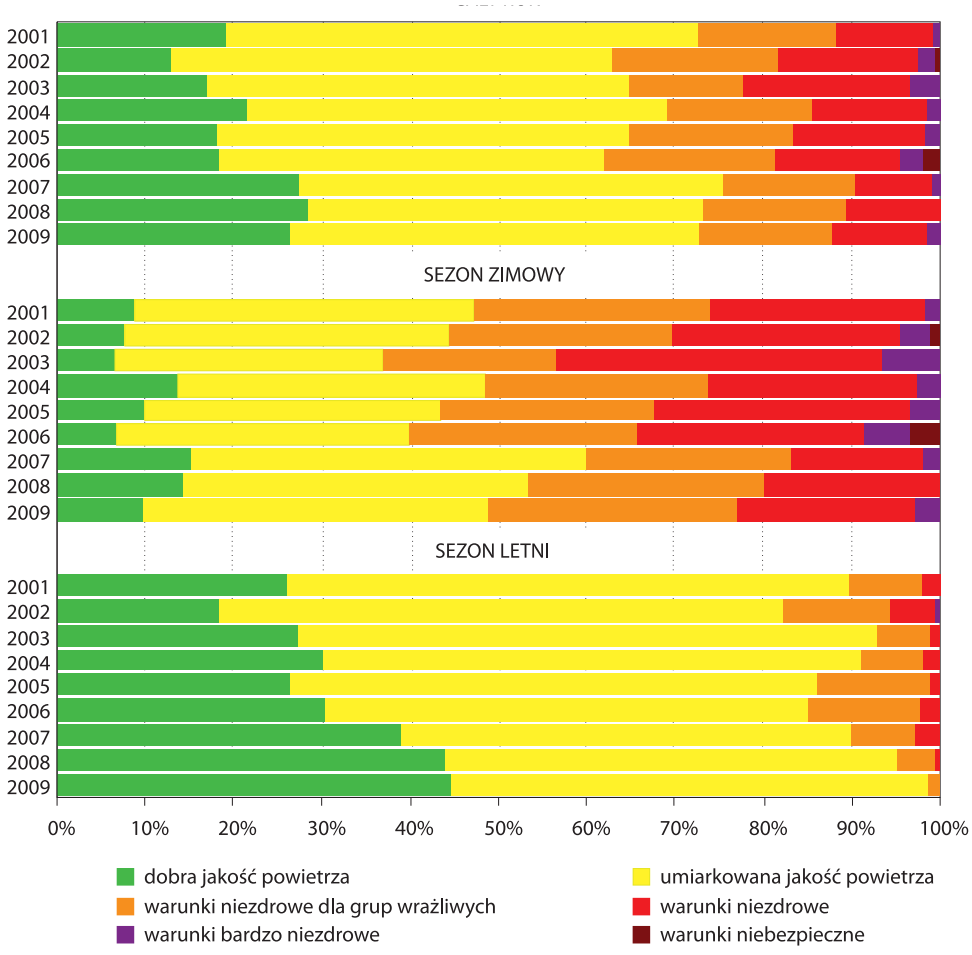
Przy interpretacji wyników pomiarów stężeń zanieczyszczeń powietrza w aspekcie narażenia zdrowia ludzi pomocny jest indeks jakości powietrza AQI (Air Quality Index), określany dla stężeń dobowych pyłu PM2,5[7]. Przedziałom stężeń dobowych pyłu PM2,5 przyporządkowano ocenę, która jednocześnie jest wskaźnikiem zagrożenia zdrowia ludzi. Poszczególne klasy indeksu oznaczają odpowiednio: 0-15,4 µg/m³ – dobrą, 15,5-40,4 µg/m³ – umiarkowaną, 40,5-65,4 µg/m³ – niezdrową dla grup wrażliwych, 65,5-150,4 µg/m³ – niezdrową, 150,5-250,4 µg/m³ – bardzo niezdrową, a powyżej 250,4 µg/m³ – niebezpieczną jakość powietrza. Klasom indeksu przyporządkowane są kolory, które w sposób naturalny kojarzą się z poziomem zagrożenia.

Oceniając stan zanieczyszczenia powietrza pyłem PM2,5 w Zabrzu, w aspekcie narażania zdrowia wg wspomnianej klasyfikacji AQI (wykres 31) stwierdzono, że w 2009 roku: przez 26,4% czasu w roku, stan zanieczyszczenia powietrza zaliczany był do warunków dobrych, a przez 46,2% czasu w roku do zadowalających (umiarkowanych). Przez 15,3% czasu w roku występowały warunki klasyfikowane jako niezdrowe dla grup o zwiększonej wrażliwości na zanieczyszczenie powietrza (osoby z chorobami układu sercowo-naczyniowego i układu oddechowego, dzieci, osoby w podeszłym wieku), przez 10,5% czasu warunki klasyfikowane jako niezdrowe, a przez 1,5% sytuacje klasyfikowane jako warunki bardzo niezdrowe. Nie odnotowano sytuacji klasyfikowanych jako niebezpieczne dla zdrowia. Porównując indeks z lat 2001-2008 (wykres 32) można stwierdzić, że w 2009 roku ponownie wystąpiły warunki klasyfikowane jako bardzo niezdrowe. W sezonie zimowym, po zdecydowanej poprawie w 2007 roku w stosunku do lat poprzednich, od 2007 do 2009 roku jakość powietrza pogarszała się – wzrastał czas trwania warunków niezdrowych dla grup wrażliwych, niezdrowych i bardzo niezdrowych. Utrwaliła się natomiast tendencja poprawy jakości powietrza w sezonie letnim. W 2009 roku w sezonie letnim, po raz pierwszy od 9 lat, nie wystąpiły warunki niezdrowe, a warunki niezdrowe dla grup wrażliwych trwały jedynie przez 1,3% czasu.

Wyniki pomiarów ciągłych w pozostałych lokalizacjach ilustruje tabela 6. Mimo, że nie prowadzono ich przez cały rok, to pokrywają one okresy zimowy i letni, co przy istniejącej względnej symetryczności rozkładu stężeń z poszczególnych półroczy pozwala ocenić istniejącą sytuację imisyjną. Stwierdzono małą obszarową zmienność stężeń PM2,5 w obszarze aglomeracji górnośląskiej – średnie w roku wyniosły 35,6 µg/m³ (Gliwice), 36,8 µg/m³ (Katowice), 35,2 µg/m³ (Dąbrowa Górnicza).



Wykres 31. Indeks jakości powietrza dla PM2,5 w Zabrzu w 2009 roku [% czasu]



Wykres 32. Indeks jakości powietrza dla PM2,5 w Zabrzu – porównanie lat 2001-2009 [% czasu]

Tabela 6. Statystyka stężeń pyłu PM2,5 w Katowicach, w Gliwicach i w Dąbrowie Górniczej w 2009 roku – pomiar automatyczny

Wyszczególnienie	Katowice*	Gliwice**	Dąbrowa Górnicza***
Stężenia 30-minutowe			
Udział ważnych danych [%]	94,2	87,7	97,9
Maksimum [µg/m³]	271,0	293,0	289,0
Średnia [µg/m³]	36,8	35,6	35,2
Odchylenie standardowe [µg/m³]	31,0	28,8	34,6
Percentyl 25 [µg/m³]	17,0	16,0	14,0
Mediana [µg/m³]	27,0	28,0	24,0
Percentyl 75 [µg/m³]	46,0	46,0	42,0
Stężenia dobowe**			
Udział ważnych danych [%]	92,9	81,7	97,5
Minimum [µg/m³]	5,3	6,6	6,5
Maksimum [µg/m³]	111,1	172,2	147,9
Średnia [µg/m³]	37,1	34,7	35,3
Odchylenie standardowe [µg/m³]	23,9	23,1	28,6
Percentyl 25 [µg/m³]	19,5	19,5	15,4
Mediana [µg/m³]	29,5	31,2	25,0
Percentyl 75 [µg/m³]	49,2	44,5	45,6

* pomiary rozpoczęto 19 czerwca 2009 r.,
** pomiary rozpoczęto 1 sierpnia 2009 r.,
*** pomiary trwały do 22 lipca 2009 r., aparatura w serwisowaniu,
**** pokrycie czasu w ciągu doby – przynajmniej 75%.

6.2. Wyniki pomiarów metodą grawimetryczną

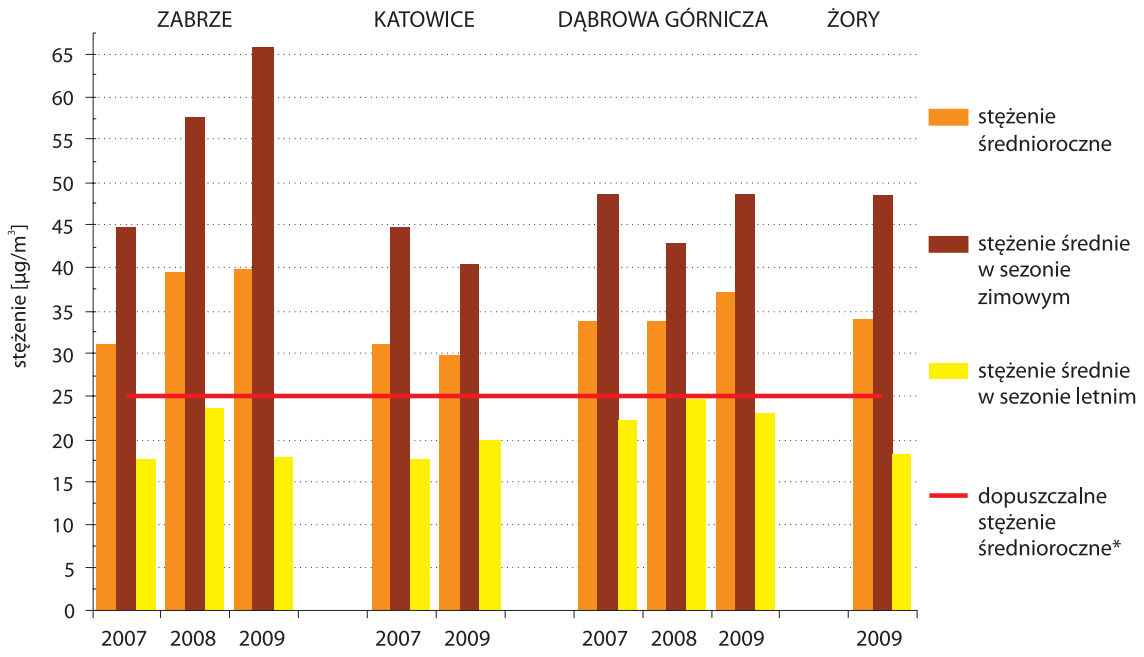
W roku 2009 na terenie województwa śląskiego prowadzono monitoring pyłu PM2,5 metodą grawimetryczną w 4 lokalizacjach: Katowice, Żory w ramach programu PMŚ, Zabrze[8] oraz Dąbrowa Górnicza[9]. Zestawienie statystyczne uzyskanych wyników z lat 2007-2009 przedstawiono w tabeli 7 i na wykresie 33. W 2009 roku stężenie średnioroczne i średnia w sezonie zimowym w Zabrzu były wyższe, a średnia w sezonie letnim niższa niż w roku poprzednim. W Dąbrowie Górniczej średnie roczne z lat 2007-2009 utrzymywały się na zbliżonym poziomie. W Katowicach odnotowano niewielki spadek stężeń. W Żorach odnotowano stężenie średnioroczne niższe o 1,7 µg/m³ od średniego w aglomeracji górnośląskiej.

Na wykresie 34 przedstawiono klasyfikację AQI dla terenu Żor w 2009 roku. Analizując wskaźnik jakości powietrza ze względu na zanieczyszczenie pyłem PM2,5 w Zabrzu (pomiar automatyczny) oraz w Żorach (pomiar manualny) w 2009 roku nie stwierdzono znaczących różnic. Warunki dobre i umiarkowane panowały w Zabrzu przez 72,6%, a w Żorach przez

Tabela 7. Statystyka stężeń pyłu PM2,5 w Zabrzu, w Katowicach, w Dąbrowie Górniczej i w Żorach w latach 2007-2009 – pomiar manualny

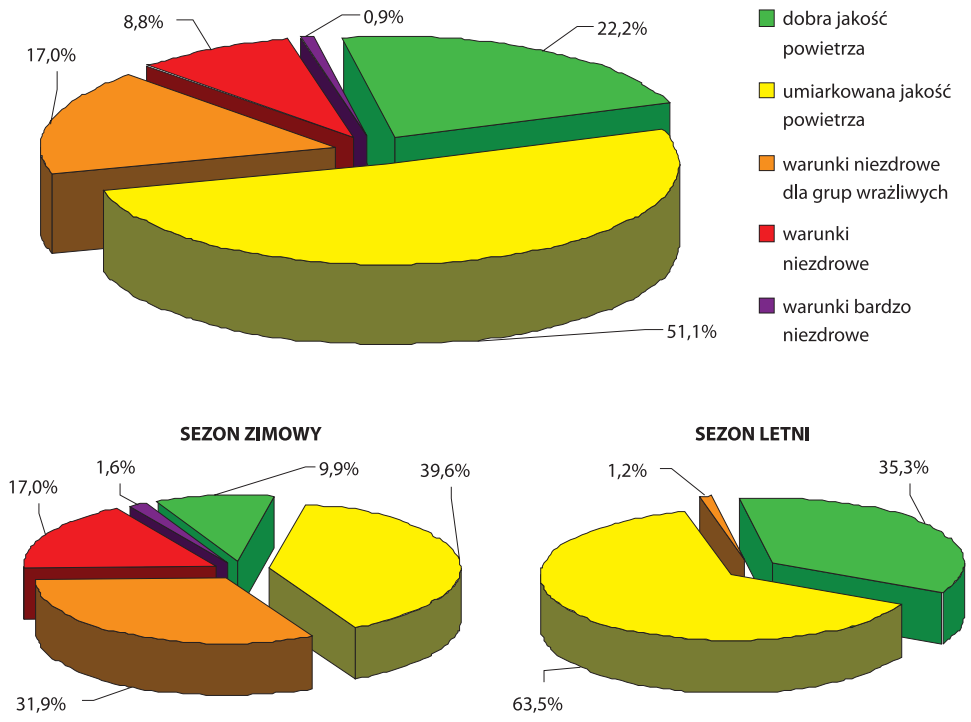
Wyszczególnienie	Zabrze			Katowice		Dąbrowa Górnicza***			Żory
	2007	2008	2009**	2007	2009	2007	2008	2009	2009
Liczba stężeń dobowych*	175	342	329	155	249	149	296	142	352
Minimum [µg/m³]	4,2	4,4	2,2	6,9	5,0	4,6	7,5	6,9	5,0
Maksimum [µg/m³]	173,1	220,5	259,4	125,4	94,0	210,3	205,1	166,8	205,0
Średnia [µg/m³]	31,2	39,5	39,9	32,0	29,9	33,7	33,8	37,2	33,9
Odchylenie standardowe [µg/m³]	30,5	33,5	39,5	20,9	19,4	29,0	21,7	27,1	28,7
Percentyl 25 [µg/m³]	12,5	18,1	14,5	17,1	17,0	16,0	19,9	20,6	17,0
Mediana [µg/m³]	21,1	27,5	23,8	24,5	24,0	22,6	28,6	29,3	25,0
Percentyl 75 [µg/m³]	39,1	49,9	51,8	41,6	39,0	42,0	41,7	46,7	42,0

* pokrycie czasu w ciągu doby – przynajmniej 75%,
** opracowano na podstawie danych z projektu statutowego IPIŚ PAN[9], finansowanego przez MNiSW,
*** opracowano na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskanych w ramach PMŚ w 2007 r., do kwietnia 2008 r. w ramach projektu pt. „Analiza stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM10 i PM2,5 z uwzględnieniem składu chemicznego pyłu, w tym metali ciężkich i WWA" wykonanego na zlecenie GIOŚ, nr 19/2007/F z dnia 18.05.2007 r., finansowanego przez NFOŚiGW, a od kwietnia do czerwca 2009 r. w ramach projektu IPIŚ PAN [10] dotowanego przez GFOŚiGW w Dąbrowie Górniczej.



* dopuszczalne stężenie średnioroczne pyłu PM2,5 wg Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy. Dz. U. Unii Europejskiej nr L 152 z dnia 11.06.2008 r.

Wykres 33. Średnie stężenia pyłu PM2,5 w Zabrzu, w Katowicach, w Dąbrowie Górniczej i w Żorach w latach 2007-2009



Wykres 34. Indeks jakości powietrza dla PM2,5 w Żorach w 2009 roku [% czasu]

73,3% czasu. W Zabrzu przez dłuższy niż w Żorach okres czasu panowały warunki niezdrowe i bardzo niezdrowe. W obu miastach dobra i umiarkowana jakość powietrza panowała przez prawie cały sezon letni – przy czym w Zabrzu dobra jakość powietrza występowała dłużej, przez 44,7% czasu, podczas gdy w Żorach przez 35,3%. Przez połowę sezonu zimowego w obu miastach zanieczyszczenie powietrza pyłem PM2,5 mogło powodować skutki zdrowotne, przy czym w Zabrzu nieco krócej niż w Żorach panowały warunki niezdrowe dla grup wrażliwych a dłużej warunki niezdrowe i bardzo niezdrowe.

Uzyskane wyniki badań pyłu PM2,5 ilustrują utrzymywanie się wysokich ponadnormatywnych stężeń PM2,5 w obszarze aglomeracji górnośląskiej i w pozostałych strefach objętych badaniami, średnie roczne wyniosły od 39,9 µg/m^3 (Zabrze) do 29,9 µg/m^3 (Katowice) – tabela 7. Wskazuje to na wysoki poziom regionalnego tła PM2,5 związanego ze specyfiką emisji przemysłowej, komunalnej i komunikacyjnej.

6.3. Badanie zawartości substancji węglowych (BC) w PM2,5

Pojęcia „sadza" (soot) i „dym" (smoke) w terminologii środowiskowej, są używane do opisania cząstek aerozolu w znacznej części zbudowanych z węgla pierwiastkowego[10]. W powietrzu obszarów silnie zurbanizowanych, a zwłaszcza obszarów o wysokiej gęstości zaludnienia, cząstki takie osiągają wysokie stężenia [11]. Problemy z jakością powietrza, wynikające między innymi z nadmiernej emisji związków węglowych związanych z pyłem, które rozpoczęły się po rewolucji przemysłowej w Europie i części Stanów Zjednoczonych, stały się dostrzeżone w drugiej połowie dwudziestego wieku. Obecnie wiadomo, że na materię węglową w powietrzu składa się tysiące związków. Obok organicznych związków, węgiel w powietrzu występuje także jako węgiel elementarny (EC, elemental carbon) i węgiel nieorganiczny (CC, carbonated carbon). EC jest emitowany jako zanieczyszczenie pierwotne ze spalania, stąd związany jest zwłaszcza z pyłem drobnym. CC natomiast pochodzi ze źródeł geologicznych i występuje wyłącznie w cząstkach grubych.

Dotychczas nie wiadomo nadal na ile tak szeroko badany, aerozol węgla elementarnego (EC) jest to węgiel elementarny (grafit, C(0)), a do jakiego stopnia tworzą go trwałe związki organiczne o dużym ciężarze atomowym lub kombinacja obu.

Praktycznie więc określenie zawartości węgla elementarnego (z definicji) w pyle jest niemożliwe i określeniem bardziej adekwatnym jest BC (black carbon), czyli węgiel elementarny związany z niewęglowymi lub/i trwałymi związkami organicznymi. Różnica pomiędzy tymi określeniami jest intuicyjna, a w praktyce zależy od stosowanej metody pomiarowej. Często, ponieważ własności rozpraszania i pochłaniania światła pyłu węglowego osadzonego na filtrze różnią się od rzeczywistych ich własności w atmosferze, metody mierzące zawartość węgla elementarnego na cząstkach bezpośrednio pobranych ze strumienia powietrza (np. automatyczne) podają wynik opisany jako BC, natomiast metody polegające na utlenieniu (w temperaturze wyższej niż dla związków organicznych węgla) materii węglowej i oznaczeniu zawartości węgla elementarnego podają, że wynikiem analizy jest zawartość EC w masie pyłu.

W krajach uprzemysłowionych nawet 90% BC pochodzi ze źródeł komunikacyjnych[12]. W Polsce oprócz komunikacji istotnymi źródłami emisji BC są procesy spalania paliw kopalnych i biomasy w instalacjach energetycznych i gospodarstwach domowych.

Stężenia sadzy (BC) w powietrzu atmosferycznym mierzono metodą fotometryczną. W badaniach wykorzystano Multi Angle Absorption Photometer – MAAP (Thermo™ Carusso 5012) z głowicą separacyjną PM2,5. Badania prowadzono w punkcie tła miejskiego w Zabrzu w okresie 28 stycznia - 10 maja

Tabela 8. Statystyka stężeń dobowych sadzy w 2009 roku w Zabrzu

Wyszczególnienie	Okres badań*	Sezon zimowy	Sezon letni
Liczba stężeń 24 h**	246	149	97
Minimum [µg/m^3]	0,7	0,9	0,7
Maksimum [µg/m^3]	16,7	16,7	10,0
Średnia [µg/m^3]	5,6	7,3	3,1
Odchylenie standardowe [µg/m^3]	3,5	3,5	1,6
Percentyl 25 [µg/m^3]	2,7	4,6	2,0
Mediana [µg/m^3]	4,8	6,9	2,7
Percentyl 75 [µg/m^3]	8,1	9,7	3,8
Średni stosunek stężeń sadzy i PM2,5	0,172	0,183	0,156

* od 28 stycznia do 10 maja oraz od 25 lipca do 31 grudnia 2009 r.,
** pokrycie czasu w ciągu doby – przynajmniej 75%.

i 25 lipca - 31 grudnia 2009 roku[13].

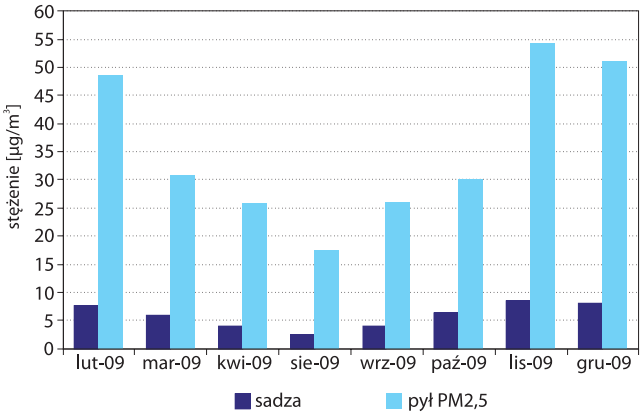
Średnie stężenie sadzy w okresie badań wynosiło 5,6 µg/m³, a średni udział w masie PM2,5 wynosił 17,2%. Odnotowano duże sezonowe różnice stężeń – średnie w sezonach letnim i zimowym wynosiły odpowiednio 3,1 µg/m³ i 7,3 µg/m³ (tabela 8 i wykres 35). W porównaniu z wynikami badań w innych krajach UE[12] poziom stężeń BC w Zabrzu jest prawie 3-krotnie wyższy. Jedną z przyczyn takiej sytuacji jest istniejąca struktura energetyczna aglomeracji górnośląskiej – tzw. niska emisja komunalna (spalanie węgla, drewna itp. w instalacjach domowych) stanowiąca istotne źródło emisji pyłów z niepełnego spalania, zawierających znaczące ilości sadzy.

Wyniki te wskazują jednoznacznie, że istotnym elementem strategii dotrzymania standardów dla PM2,5 będzie kontrola emisji ze spalania paliw w silnikach samochodowych i emisji BC ze spalania paliw dla celów energetycznych.

6.4. Podsumowanie

Rok 2009 okazał się niekorzystnym w aspekcie narażenia mieszkańców aglomeracji na oddziaływanie pyłu PM2,5. Był kolejnym (od 2007 roku) rokiem, w którym w Zabrzu odnotowano wzrost stężenia średniego pyłu PM2,5, wzrost ten był jednak zdecydowanie niższy niż w latach 2001-2003 i 2004-2006. Powiększyła się także różnica między średnimi w sezonie zimowym i letnim. W sezonie letnim utrwalił się trend spadku stężenia średniego, w 2009 roku było ono najniższe od 4 lat. Przyczyn tego należy upatrywać w strukturze emisji lokalnej i wysokim poziomie tła regionalnego związanego z oddziaływaniem pierwotnych i wtórnych źródeł PM2,5, w szczególności emisji komunalnych w okresie chłodnej pory roku.

Analizując wyniki 9-letniej serii pomiarów stężenia pyłu PM2,5 w Zabrzu z wykorzystaniem automatycznego pyłomierza TEOM 1400a, w odniesieniu do klasyfikacji AQI należy stwierdzić, że w okresie 2001-2009 (wykres 32) zmniejszyło się narażenie mieszkańców Śląska na oddziaływanie PM2,5 w sezonie letnim (okresie najdłuższego przebywania ludzi na otwartej przestrzeni). Narażanie w okresie zimowym jest silnie



Wykres 35. Średnie miesięczne stężenia sadzy i pyłu PM2,5 w Zabrzu w 2009 roku

uwarunkowane warunkami pogodowymi i związaną z nimi emisją ze spalania paliw w celach grzewczych, sprzyjającą występowaniu sytuacji ekstremalnych.

W roku 2009 na terenie badań (Zabrze, Żory) warunki niezdrowe dla grup wrażliwych, niezdrowe lub bardzo niezdrowe występowały przez ponad 25% czasu. Sytuacje takie w obu miastach występowały przez połowę sezonu zimowego. Z uwagi na gęstość zaludnienia nie jest to obojętne w kategoriach epidemiologicznych i wymaga intensyfikacji działań edukacyjnych i poszerzenia kręgu odbiorców prognoz jakości powietrza wykonywanych w ramach PMŚ dla obszaru województwa.

Analizując zmiany poziomu narażenia na ekspozycję PM2,5 w Zabrzu, liczonego jako 3-letnia średnia krocząca z wartości średnich rocznych, roku bieżącego i dwóch lat poprzednich, w 2009 roku odnotowano dalszy, obserwowany od 2007 roku, jego spadek. Wartość poziomu narażenia w 2009 roku wyniosła 32,6 µg/m³ i była najniższa od 7 lat.

Porównanie wyników pomiarów automatycznych i grawimetrycznych w Zabrzu wskazuje na niedoszacowanie wartości stężeń mierzonych metodą automatyczną, szczególnie w okresie zimowym. Uruchomiona przez WIOŚ w 2009 roku sieć pomiarów PM2,5 i jego składu chemicznego umożliwi w następnych latach pełną ocenę ryzyka zdrowotnego powodowego przez PM2,5 na obszarze województwa śląskiego.

7. Zanieczyszczenie opadów atmosferycznych w województwie śląskim i depozycja zanieczyszczeń z opadów do podłoża w 2009 roku

Ewa Liana, Tomasz Gendolla, Michał Pobudejski – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział we Wrocławiu

Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i ocena depozycji zanieczyszczeń do podłoża uruchomione zostały jako jedno z zadań podsystemu monitoringu jakości powietrza Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ) w 1998 roku. Celem tego monitoringu jest określanie w skali kraju rozkładu ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych z mokrym opadem do podłoża w ujęciu czasowym i prze-

strzennym. Systematyczne badania składu fizyczno-chemicznego opadów oraz równoległe obserwacje i pomiary parametrów meteorologicznych dostarczają informacje o obciążeniu obszarów leśnych, gleb i wód powierzchniowych substancjami deponowanymi z powietrza – związkami zakwaszającymi, biogennymi i metalami ciężkimi, tworząc podstawy do analizy istniejącego stanu.

Jednostką nadzorującą, z ramienia Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, działalność systemu monitoringu chemizmu opadów jest Wrocławski Oddział Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, który prowadzi badania monitoringowe, bank danych, przygotowuje (zgodnie z wytycznymi) raporty i opracowania, współpracuje z GIOŚ i wojewódzkimi inspektoratami ochrony środowiska. Laboratorium IMGW we Wrocławiu jest odpowiedzialne za prowadzenie testów jakości analiz w laboratoriach WIOŚ w zakresie oznaczanych parametrów oraz wdrażanie optymalnych metodyk analitycznych.

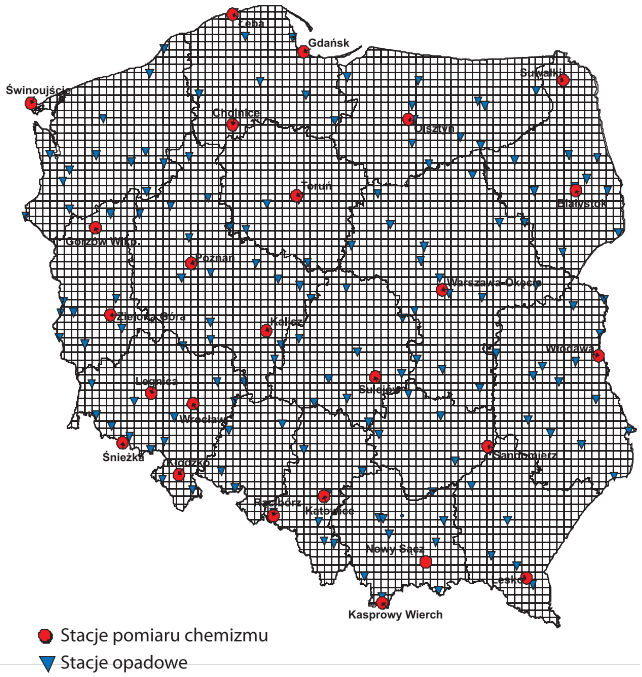
W 2009 roku sieć pomiarowo-kontrolna monitoringu składa się z 25 stacji badawczych chemizmu opadów (stacje synoptyczne IMGW), gwarantujących reprezentatywność pomiarów dla oceny obszarowego rozkładu zanieczyszczeń oraz ze 162 posterunków opadowych charakteryzujących średnie pole opadowe dla obszaru Polski (mapa 20).

Na stacjach badawczych monitoringu zbierany jest w sposób ciągły opad atmosferyczny mokry oraz wykonuje się oznaczenie ilościowe zebranych prób. Równolegle z poborem próbek opadu prowadzone są pomiary i obserwacje wysokości i rodzaju opadu, kierunku i prędkości wiatru oraz temperatury powietrza. Ponadto na każdej stacji zbierane są próbki dobowe opadów i na bieżąco (po upływie doby opadowej) bezpośrednio na stacji wykonywany jest pomiar wartości pH opadu.

Na posterunkach opadowych dokonuje się tylko pomiaru wysokości opadów. Miesięczne (uśrednione) próbki opadów analizowane są w zakresie następujących wskaźników: wartości pH, przewodności elektrycznej właściwej, chlorków, siarczanów, azotynów i azotanów, azotu amonowego, azotu ogólnego, fosforu ogólnego, potasu, sodu, wapnia, magnezu, cynku, miedzi, żelaza, ołowiu, kadmu, niklu, chromu i manganu.

Analizy składu fizyczno-chemicznego opadów wykonywane są przez akredytowane laboratoria wojewódzkich inspektoratów ochrony środowiska. Poszczególne wojewódzkie laboratoria analizują opady ze stacji położonych w danym województwie. W 2009 roku w województwie śląskim analizy wykonywało laboratorium WIOŚ w Częstochowie.

Na podstawie danych pomiarowych i analitycznych



Mapa 20. Sieć stacji pomiarowo-kontrolnych Ogólnopolskiego Monitoringu Chemizmu Opadów Atmosferycznych i Oceny Depozycji Zanieczyszczeń do Podłoża w 2009 roku

opadów z 25 stacji monitoringowych oraz danych pomiarowych ze 162 punktów pomiaru wysokości opadów charakteryzujących średnie pole sum opadów dla obszaru Polski, opracowywane zostały mapy rozkładu przestrzennego wysokości opadów i stężeń substancji zawartych w opadach oraz wielkości ich depozycji na obszar Polski i jej poszczególne tereny.

Wyniki badań monitoringowych dla obszaru Polski z 2009 roku przedstawiono w sprawozdaniu rocznym i w internetowym serwisie informacyjnym GIOŚ (http://www.gios.gov.pl).

Niniejszy raport prezentuje wyniki badań dla obszaru województwa śląskiego. Przedstawione dane obrazują stan jakości i ocenę stopnia zakwaszenia wód deszczowych w województwie śląskim w 2009 roku oraz ilości deponowanych substancji wraz z opadami z podziałem na tereny poszczególnych powiatów. Obciążenie powierzchniowe obszaru województwa śląskiego porównano z depozycją dla całego obszaru Polski i pozostałych województw, a także porównano wielkości deponowanych ładunków badanych substancji w poszczególnych latach 1999-2009 oraz przedstawiono tendencje zmian w tym okresie.

Atmosfera, kumulując zanieczyszczenia naturalne i antropogenne, staje się podstawowym źródłem obszarowym zanieczyszczeń w skali kontynentalnej. Jednym z elementów meteorologicznych gromadzącym i przenoszącym zanieczyszczenia jest opad atmosferyczny. Zróżnicowanie w czasie i przestrze-

ni wielkości opadów atmosferycznych, a przez to zmiennej ilości i jakości chemicznej opadającej na powierzchnię ziemi wody, wynika przede wszystkim z różnego źródłowo obszaru gromadzenia się zasobów wodnych i zanieczyszczeń w atmosferze, zmiennej wysokości występowania kondensacji pary wodnej, czasu trwania i natężenia występującego opadu oraz kierunku napływu mas powietrza. Z powodu dużej zmienności warunków meteorologicznych w skali miesięcy, sezonów i roku, w zależności od miejsca i czasu, ilości wnoszonych przez opady zanieczyszczeń są bardzo zróżnicowane.

W ramach krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża na obszarze województwa śląskiego w 2009 roku analizowano wody opadowe przed kontaktem z podłożem, tak jak w latach poprzednich, na stacjach położonych w Katowicach i Raciborzu. Wielkości miesięcznych ładunków badanych substancji wnoszonych wraz z opadami na tereny reprezentowane przez stacje monitoringowe w Katowicach i Raciborzu podano w tabeli 9.

Na podstawie wyników pomiarów ilości wody opadowej w 2009 roku, zarejestrowanych na 162 punktach pomiaru wysokości opadu reprezentujących średnie pole opadowe dla obszaru Polski (w tym sześciu na obszarze województwa śląskiego) oraz wyników analiz składu opadów z 25 stacji monitoringowych (mapa 20), przy użyciu komputerowego systemu informacji przestrzennej (GIS), oszacowano wielkości ładunków jednostkowych i całkowitych obciążających województwo śląskie, jego poszczególne powiaty i dla porównania obszary pozostałych województw Polski. Obliczone dane przedstawiono na mapach 21a)-n).

Dla porównania wielkości mokrej depozycji na obszarze województwa śląskiego w latach 1999-2009, na wykresie 36 zobrazowano wielkości ładunków jednostkowych badanych substancji wniesionych przez opady atmosferyczne w poszczególnych latach na tle średniorocznych sum opadów.

W 2009 roku na stacjach monitoringowych w województwie śląskim wykonano 290 pomiarów wartości pH dobowych próbek opadów w celu oceny stopnia zakwaszenia wód opadowych. Wartości pH mieściły się w zakresie od 3,52 do 7,27, w tym: w Katowicach od 3,52 do 7,27, średnia roczna ważona pH 4,69, a w Raciborzu od 4,06 do 7,19, średnia roczna ważona pH 5,06. W przypadku 56% próbek stwierdzono „kwaśne deszcze" – opady o wartości pH poniżej 5,6 oznaczającej naturalny stopień zakwaszenia wód opadowych, wskazując na zawartość w nich mocnych kwasów mineralnych. W wieloleciu 2001-2009 stwierdzono spadek ilości kwaśnych deszczy o 15%,

Tabela 9. Wielkości ładunków substancji wnoszonych z opadami atmosferycznymi w 2009 roku ze stacji monitoringowej w Katowicach i Raciborzu

Lp.	Wskaźnik	Jednostka	Ładunki min. - max.	
			Katowice	Racibórz
1	Chlorki	kg Cl^-/ha	0,03 – 2,8	0,07 - 2,30
2	Siarczany	kg SO_4^{-2}/ha	0,13 - 4,08	0,29 - 2,86
3	Azotyny+azotany	kg N/ha	0,02 - 0,51	0,08 - 0,49
4	Azot amonowy	kg N/ha	0,01- 0,89	0,14 - 1,14
5	Sód	kg Na/ha	0,01 - 0,93	0,04 - 2,22
6	Potas	kg K/ha	0,01 - 0,48	0,04 - 0,68
7	Wapń	kg Ca/ha	0,07 - 2,10	0,18 - 1,59
8	Magnez	kg Mg/ha	0,01 - 0,27	0,02 - 0,13
9	Cynk	kg Zn/ha	0,003 - 0,213	0,004 - 0,034
10	Miedź	kg Cu/ha	0,0002 - 0,0133	0,0006 - 0,0073
11	Żelazo	kg Fe/ha	0,001 - 0,082	0,007 - 0,039
12	Ołów	kg Pb/ha	0,0001 - 0,0086	0,0004 - 0,0027
13	Kadm	kg Cd/ha	0,00001 - 0,00160	0,00003 - 0,00049
14	Nikiel	kg Ni/ha	0,0000 - 0,0016	0,0001 - 0,0014
15	Chrom og.	kg Cr/ha	0,0000 - 0,0009	0,0000 - 0,0007
16	Mangan	kg Mn/ha	0,0001 - 0,0093	0,0005 - 0,0065
17	Azot ogólny	kg N/ha	0,42 - 1,81	0,33 - 1,92
18	Fosfor ogólny	kg P/ha	0,008 - 0,041	0,007 - 0,041
19	Jon wodorowy	kg H^+/ha	0,0000004 - 0,0078	0,000 - 0,002

a w porównaniu z rokiem ubiegłym wzrost o 6%.

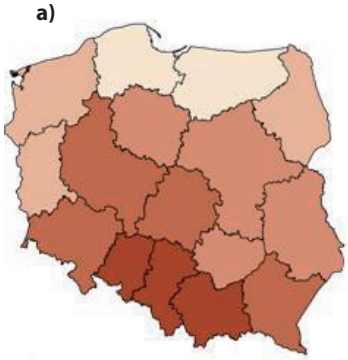
Na obszar województwa śląskiego wody opadowe w 2009 roku wniosły: 27453 tony siarczanów (22,33 kg SO_4^{-2}/ha); 12110 ton chlorków (9,85 kg Cl^-/ha); 4586 ton (N) azotynów i azotanów (3,73 kg N/ha); 6934 tony azotu amonowego (5,64 kg N/ha); 15872 tony azotu ogólnego (12,91 kg N/ha); 330,7 ton fosforu ogólnego (0,269 kg P/ha); 5422 tony sodu (4,41 kg Na/ha); 3282 tony potasu (2,67 kg K/ha); 11544 tony wapnia (9,39 kg Ca/ha); 1254 tony magnezu (1,02 kg Mg/ha); 756,1 ton cynku (0,615 kg Zn/ha); 85,3 tony miedzi (0,0694 kg Cu/ha); 390,9 ton żelaza (0,318 kg Fe/ha); 41,55 ton ołowiu (0,0338 kg Pb/ha); 5,004 tony kadmu (0,00407 kg Cd/ha); 9,96 tony niklu (0,0081 kg Ni/ha); 3,934 tony chromu (0,0032 kg Cr/ha) i 59,75 ton manganu (0,0486 kg Mn/ha) oraz 43,27 tony wolnych jonów wodorowych (0,0352 kg H^+/ha).

Wielkości wprowadzonych substancji maleją zgodnie z szeregiem:

SO_4^{-2} > $N_{og.}$ > Cl^- > Ca > NNH_4^+ > Na > NNO_2^- +NO_3^- > K > Mg > Zn > Fe > Pog > Cu > Mn > H^+ > Pb > Ni > Cd > Cr

Roczne ładunki jednostkowe | **Przestrzenny rozkład ładunków w województwie śląskim**

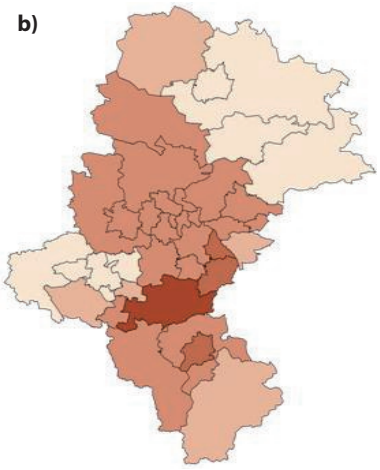
a)



siarczany [w kg SO_4^{-2}/ha]

11,21-12,17	18,95-20,99
12,18-14,01	21,00-22,47
14,02-15,82	22,48-25,23
15,83-18,11	25,24-26,78
18,12-22,33	26,79-29,74

b)

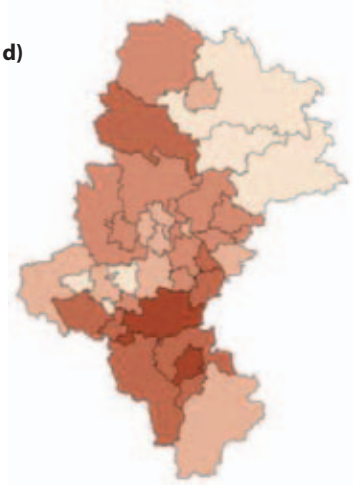


c)

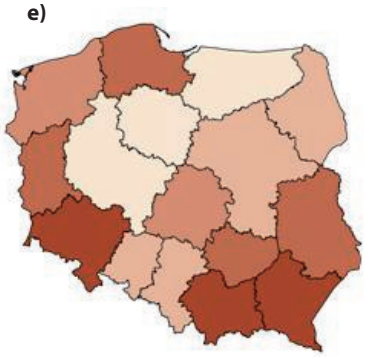
azotyny i azotany [w kg N/ha]

2,48-2,73	3,37-3,55
2,74-3,09	3,56-3,74
3,10-3,33	3,75-3,93
3,34-3,56	3,94-4,19
3,57-3,94	4,20-4,74

d)



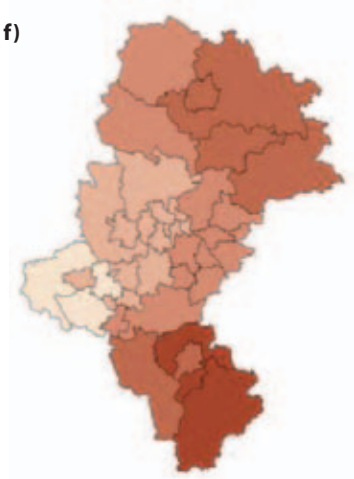
e)



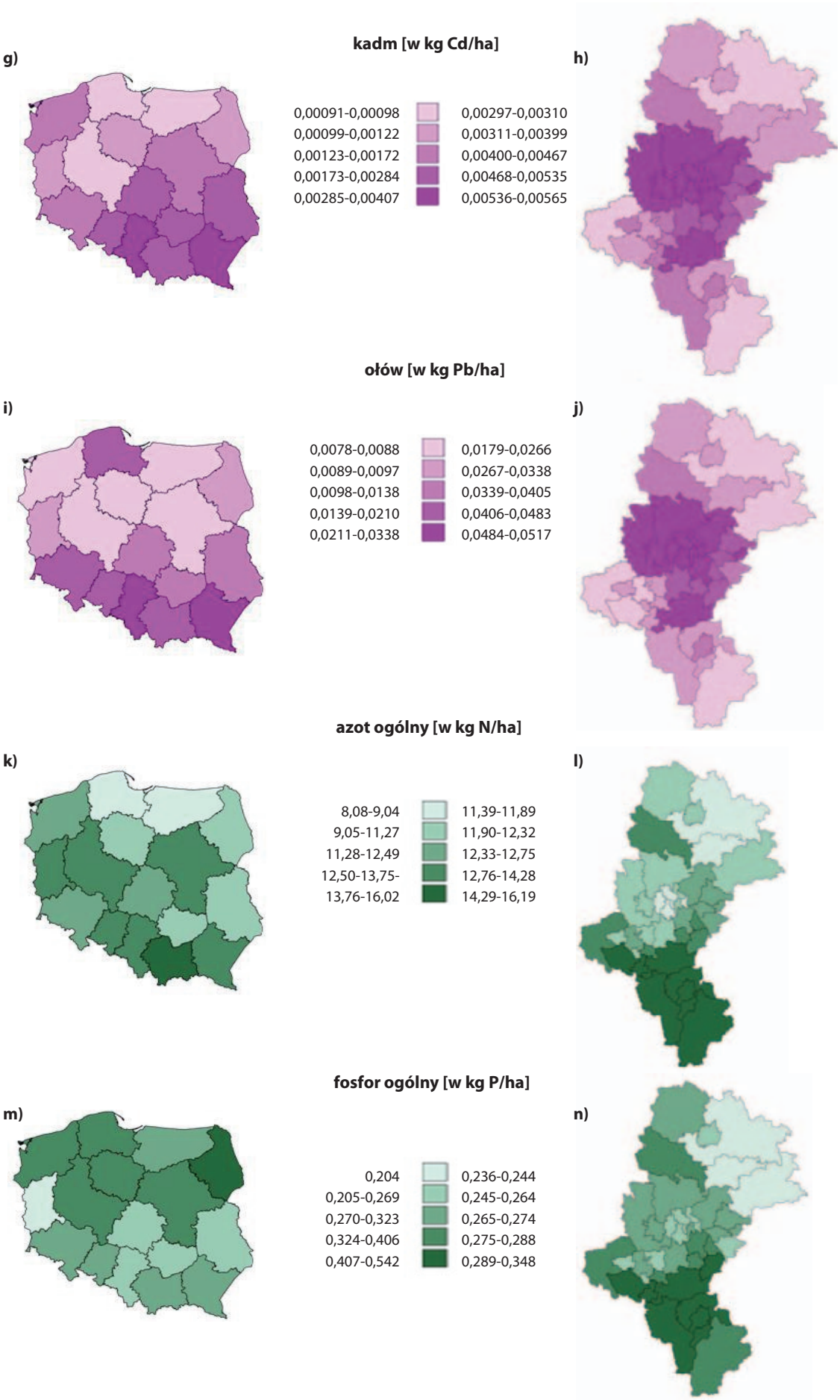
jon wodorowy [w kg H^+/ha]

0,0158-0,0201	0,0120-0,0197
0,0202-0,0358	0,0198-0,0264
0,0359-0,0382	0,0265-0,0342
0,0383-0,0545	0,0343-0,0434
0,0546-0,0716	0,0435-0,0571

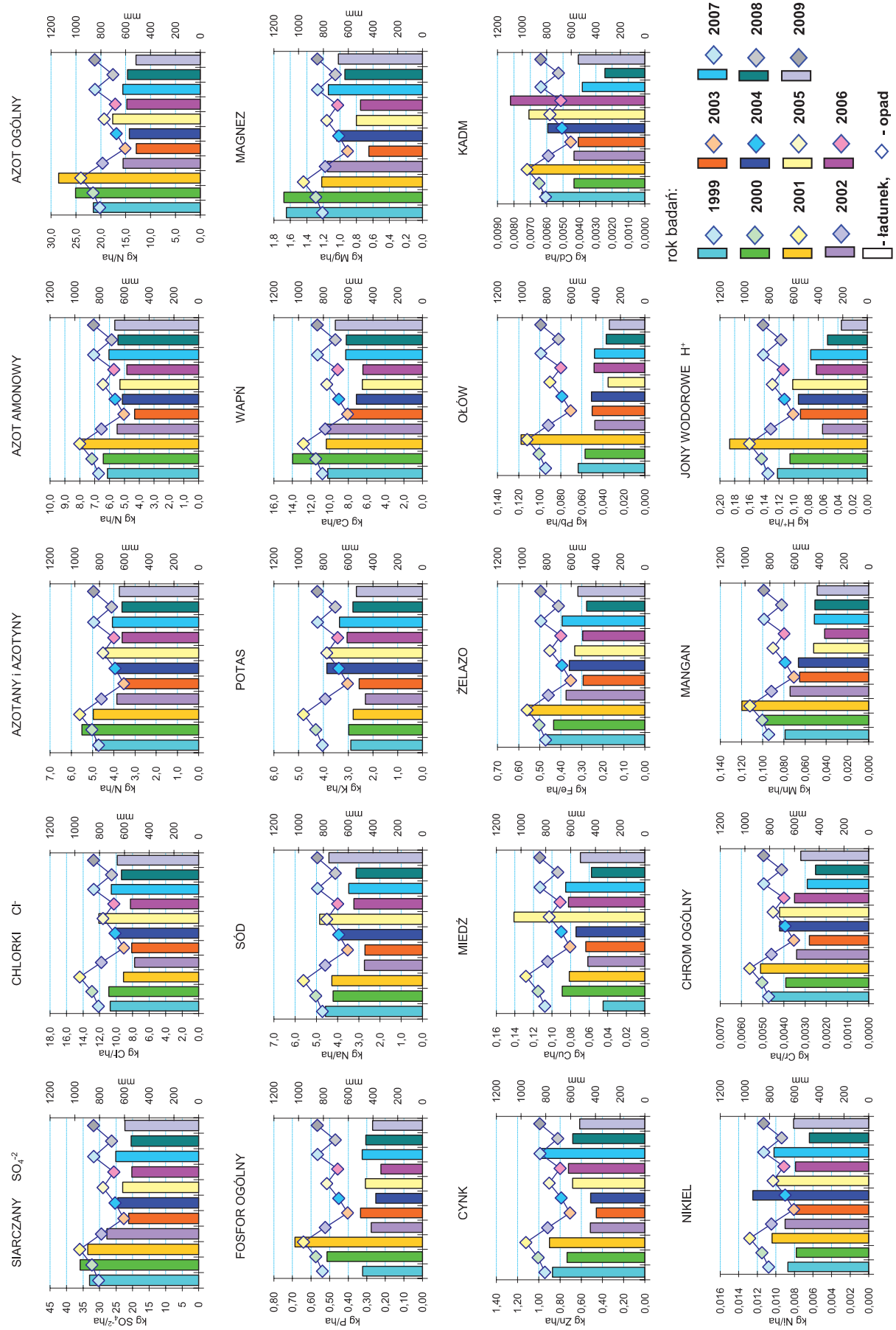
f)



Mapa 21 a)-f). Roczne ładunki jednostkowe wniesione przez opady atmosferyczne na obszar województw oraz przestrzenny rozkład ładunków wniesionych na obszary powiatów w województwie śląskim



Mapa 21 g)-n). Roczne ładunki jednostkowe wniesione przez opady atmosferyczne na obszar województw oraz przestrzenny rozkład ładunków wniesionych na obszary powiatów w województwie śląskim



Wykres 36. Depozycja substancji wprowadzanych z opadem atmosferycznym (wet-only) na obszar województwa śląskiego w poszczególnych latach 1999-2009 (wielkości ładunków w kg/ha*rok) oraz średnioroczne sumy opadów (mm)

Tabela 10. Obciążenie powierzchniowe obszaru Polski substancjami wniesionymi przez opady atmosferyczne w 2009 roku z podziałem na obszar poszczególnych województw [ładunki jednostkowe w kg/ha*rok]

WSKAŹNIK	dolnośląskie	kujawsko-pomorskie	lubelskie	lubuskie	łódzkie	małopolskie	mazowieckie	opolskie	podkarpackie	podlaskie	pomorskie	śląskie	świętokrzyskie	warmińsko-mazurskie	wielkopolskie	zachodniopomorskie
Siarczany [SO_4^{-2}]	16,93	15,41	14,63	13,35	17,72	21,31	15,82	20,82	17,28	12,88	12,17	22,33	15,43	11,21	18,11	14,01
Chlorki [Cl^-]	6,27	8,68	5,62	5,44	6,39	7,22	8,01	9,40	6,31	6,39	15,82	9,85	5,93	8,83	7,96	10,47
Azotyny + azotany [$N_{NO2^-+NO3^-}$]	3,83	2,67	3,09	3,42	3,28	3,56	2,94	3,94	3,41	2,64	2,73	3,73	3,06	2,48	3,21	3,33
Azot amonowy [N_{NH4+}]	4,84	4,45	4,96	5,15	4,84	6,30	4,95	5,88	5,15	4,76	3,46	5,64	4,90	4,04	5,68	4,78
Azot ogólny [$N_{og.}$]	12,49	9,96	11,07	13,05	11,84	16,02	13,75	13,25	12,73	10,55	8,08	12,91	11,27	9,04	12,91	11,94
Fosfor ogólny [$P_{og.}$]	0,295	0,339	0,257	0,204	0,266	0,304	0,406	0,323	0,285	0,542	0,344	0,269	0,253	0,300	0,359	0,373
Sód [Na]	3,39	5,38	2,02	3,12	3,45	3,26	3,38	5,06	2,84	2,44	8,32	4,41	2,34	4,63	5,40	6,32
Potas [K]	1,89	2,06	1,74	2,25	2,04	2,66	1,71	2,77	2,17	1,73	2,33	2,67	2,52	1,59	3,09	2,64
Wapń [Ca]	6,33	8,35	5,27	4,89	6,57	8,48	6,47	9,29	6,20	6,37	4,68	9,39	4,98	5,40	8,20	6,72
Magnez [Mg]	0,82	1,19	0,62	0,60	0,79	0,99	0,82	1,05	1,07	0,83	1,16	1,02	0,61	0,96	1,03	0,92
Cynk [Zn]	0,290	0,337	0,447	0,206	0,447	0,349	0,512	0,450	0,382	0,565	0,307	0,615	0,326	0,362	0,482	0,314
Miedź [Cu]	0,0657	0,0399	0,0567	0,0552	0,0465	0,0536	0,0424	0,0571	0,1145	0,0318	0,0571	0,0694	0,0540	0,0302	0,0514	0,0648
Żelazo [Fe]	0,112	0,114	0,097	0,224	0,167	0,144	0,162	0,236	0,106	0,268	0,189	0,318	0,121	0,171	0,163	0,188
Ołów [Pb]	0,0165	0,0080	0,0112	0,0097	0,0117	0,0174	0,0082	0,0210	0,0303	0,0096	0,0159	0,0338	0,0138	0,0081	0,0078	0,0088
Kadm [Cd]	0,00148	0,00122	0,00237	0,00119	0,00215	0,00220	0,00172	0,00284	0,00320	0,00110	0,00096	0,00407	0,00212	0,00098	0,00091	0,00158
Nikiel [Ni]	0,0048	0,0064	0,0068	0,0068	0,0062	0,0069	0,0072	0,0070	0,0148	0,0082	0,0056	0,0081	0,0067	0,0073	0,0054	0,0071
Chrom [Cr]	0,0023	0,0027	0,0030	0,0027	0,0029	0,0031	0,0029	0,0031	0,0035	0,0070	0,0023	0,0032	0,0032	0,0050	0,0032	0,0025
Mangan [Mn]	0,0391	0,0381	0,0295	0,0483	0,0466	0,0465	0,0391	0,0490	0,0318	0,0334	0,0285	0,0486	0,0310	0,0248	0,0834	0,0437
Jon wodorowy [H^+]	0,0595	0,0158	0,0545	0,0473	0,0371	0,0592	0,0329	0,0352	0,0716	0,0358	0,0474	0,0352	0,0545	0,0165	0,0201	0,0382

- wartości maksymalne zaznaczono kolorem żółtym, minimalne kolorem niebieskim

Obciążenie powierzchniowe obszaru Polski substancjami wniesionymi przez opady atmosferyczne w 2009 roku z podziałem na obszar poszczególnych województw zestawiono w tabeli 10.

Roczny sumaryczny ładunek jednostkowy badanych substancji zdeponowany na obszar województwa śląskiego wyniósł 64 kg/ha i był większy niż średni dla całego obszaru Polski o 26,5%. W porównaniu z rokiem ubiegłym nastąpił wzrost rocznego obciążenia o 4,9%, przy wyższej średniorocznej sumie wysokości opadów o 145,4 mm.

Największym ładunkiem badanych substancji w województwie śląskim został obciążony powiat pszczyński (85,3 kg/ha) z najwyższymi, w porównaniu do obciążenia pozostałych powiatów, ładunkami siarczanów, chlorków, azotynów i azotanów, azotu amonowego, azotu i fosforu ogólnego, wapnia, magnezu, miedzi, żelaza, kadmu, niklu, chromu i manganu.

Najmniejsze obciążenie powierzchniowe wystąpiło w powiecie częstochowskim (53,1 kg/ha) z najniższym, w stosunku do pozostałych powiatów, obciążeniem ładunkami siarczanów, chlorków, azotynów i azotanów, azotu amonowego, azotu ogólnego, fosforu ogólnego, sodu, wapnia, magnezu i niklu.

Ocena wyników jedenastoletnich badań monitoringowych chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża prowadzonych, w sposób ciągły, w okresie lat 1999-2009 wykazała, że depozycja roczna analizowanych substancji wprowadzonych wraz z opadami na obszar województwa śląskiego w 2009 roku, w stosunku do średniej z wielolecia 1999-2008, dla większości badanych składników była mniejsza, a całkowite roczne obciążenie powierzchniowe obszaru województwa ładunkiem badanych substancji deponowanych z atmosfery przez opad mokry zmalało, w porównaniu do średniego z poprzednich lat badań, o 12,1%, przy wyższej średniorocznej sumie wysokości opadów o 10,2%.

Wniesiony wraz z opadami w 2009 roku ładunek siarczanów, w porównaniu do średniego z lat 1999-2008, zmalał o 15,7%, ładunek azotynów i azotanów o 12,0%, azotu ogólnego o 28,5%, fosforu ogólnego o 24,2%, potasu o 12,5%, magnezu o 7,3%, cynku o 12,6%, miedzi o 11,1%, żelaza o 16,3%, ołowiu o 39,1%, kadmu o 24,4%, niklu o 11,0%, chromu o 13,5%, manganu o 30,7% i jonów wodorowych o 63,4%. Ładunki chlorków i azotu amonowego kształtowały się na poziomie wartości średniej, natomiast nastąpił wzrost depozycji sodu o 19,2% i wapnia o 4,6%.

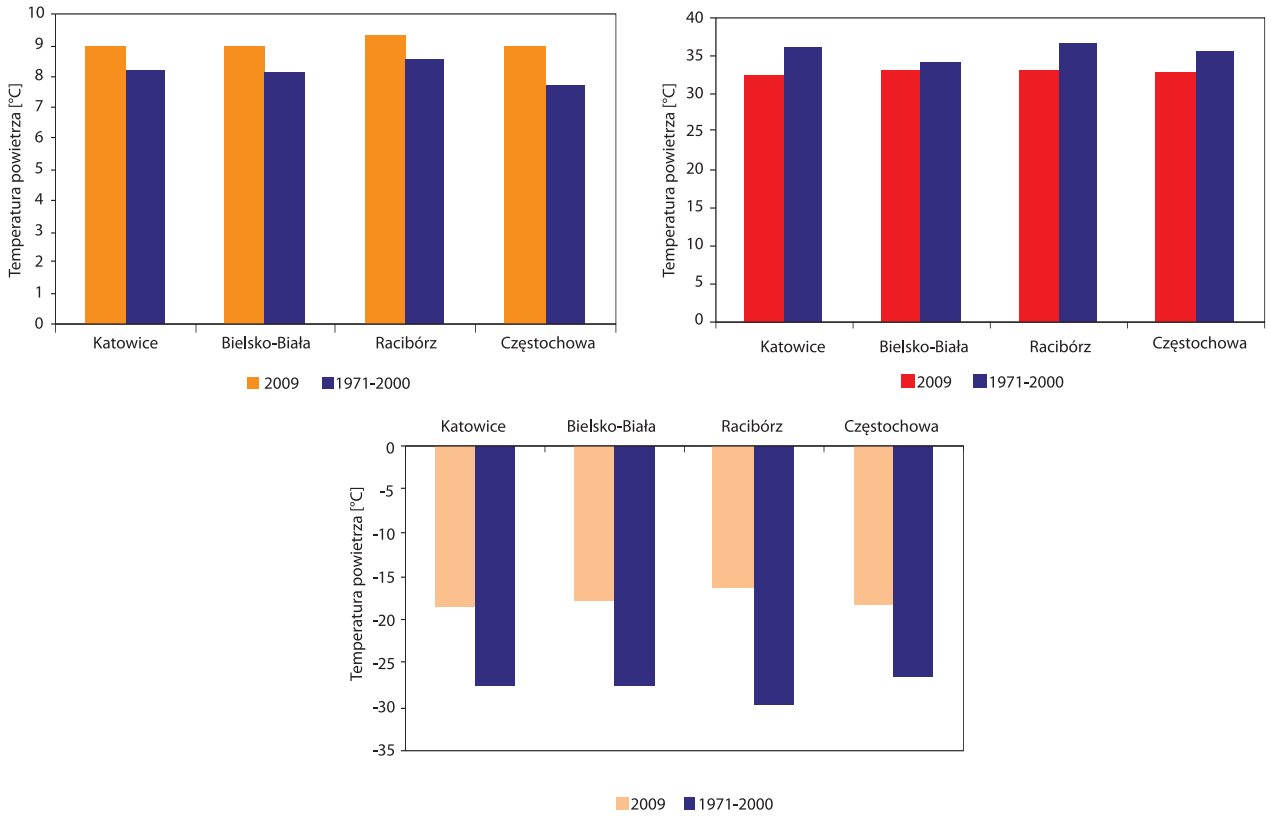
Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i oceny depozycji zanieczyszczeń do podłoża jest obecnie najpełniejszym źródłem wiedzy o stanie jakości wód opadowych i przestrzennym rozkładzie mokrej depozycji zanieczyszczeń w odniesieniu do obszaru całego kraju jak i terenów poszczególnych województw, a także dostarcza informacji o przyczynach tego stanu i daje możliwość określenia tendencji zmian mokrej depozycji.

Omówione wyniki badań monitoringowych pokazują, że zanieczyszczenia transportowane w atmosferze i wprowadzane wraz z mokrym opadem atmosferycznym na teren województwa śląskiego stanowią znaczące źródło zanieczyszczeń obszarowych i nie mogą być pomijane w ogólnym bilansie ładunków zanieczyszczeń oddziaływujących na stan środowiska naturalnego tego obszaru.

8. Charakterystyka warunków meteorologicznych województwa śląskiego w 2009 roku na tle wielolecia

Ewa Krajny, Leszek Ośródka, Marek Wojtylak – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) Oddział w Krakowie,
Zakład Monitoringu i Modelowania Zanieczyszczeń Powietrza

Unia Europejska przywiązuje ogromną wagę do polepszenia jakości życia jej obywateli. Dowodem na to jest fakt, że Parlament Europejski i Rada Europy w prawie każdej gałęzi życia społecznego i gospodarczego podejmuje działania legislacyjne zmierzające do prawnego usankcjonowania takich postaw i zachowań, aby konieczna ingerencja człowieka w środowisko była jak najmniej odczuwalna. Wynikiem tego jest zbiór Dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady Europy, które jako akty prawne najwyższej rangi normują zasady postępowania w sprawach środowiskowych. Prawodawstwo wewnętrzne każdego z krajów członków Unii Europejskiej jest dostosowywane do wytycznych tych dyrektyw. Jednym z ważniejszych aktów prawnych w randze Dyrektywy w zakresie jakości powietrza jest Dyrektywa 2008/50/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy z dnia 21 maja 2008 roku (OJ L152, 11.06.2008). Akt ten scala w jednym dokumencie dotąd obowiązujące dyrektywy w sprawie jakości powietrza. I choć dokument ten nie odnosi się bezpośrednio do oceny warunków meteorologicznych, jego rola w ocenie jakości powietrza jest tam wielokrotnie podnoszona. Dlatego też monitoring jakości powietrza powinien być prowadzony w ścisłym związku z pomiarami meteorologicznymi,



Wykres 37. Średnia roczna, maksymalna (max) i minimalna (min) temperatura powietrza dla stacji meteorologicznych PSHM IMGW w województwie śląskim w roku 2009 na tle normy z okresu 1971-2000

a każdą analizę jego wyników należy dokonywać w kontekście przebiegu pogody. W celu wyjaśnienia poszczególnych epizodów stężeń zanieczyszczeń osłona meteorologiczna powinna odbywać się na podstawie obserwacji prowadzonych bezpośrednio na stacjach monitoringu jakości powietrza – tak jak to ma miejsce między innymi w województwie śląskim, ale dla potrzeb charakterystyki rocznej zanieczyszczeń powietrza odpowiedniejsze wydają się analizy wykonane na podstawie stacji meteorologicznych Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej (PSHM) IMGW, które dobrze reprezentują warunki pogodowe w skali regionalnej. W niniejszej pracy posłużono się wynikami pomiarów z stacji meteorologicznych IMGW pierwszego rzędu znajdujących się w obrębie województwa śląskiego (Katowice, Bielsko-Biała, Racibórz, Częstochowa).

Warunki meteorologiczne w roku 2009 w województwie śląskim, tak jak i w całej Polsce, pozostawały pod wpływem cech klimatu umiarkowanego przejściowego i charakterystycznej dla ostatnich lat zmienności związanej z obserwowaną tendencją do jego ocieplania się.

Średnia temperatura powietrza w województwie śląskim wyniosła około 9°C (tabela 11). Był to zatem rok cieplejszy o 0,7°C w Katowicach i 1,2°C w Częstochowie w odniesieniu do wartości z wielolecia 1971-2000. Temperatury maksymalne zanotowane w lipcu były niższe od wartości maksymalnych z wielolecia o 3,6°C (stacja Katowice i Racibórz) i o 1,0°C i 3,0°C odpowiednio dla stacji Bielsko-Biała i Racibórz. Natomiast temperatury minimalne zanotowane na stacjach IMGW w styczniu, w lutym i grudniu były wyższe od wartości minimalnych z wielolecia od 8,2°C (stacja Częstochowa) do 13,4°C (stacja Racibórz). Pod względem sum opadów atmosferycznych rok ten na tle wielolecia klasyfikował się jako normalny. Jednak w przebiegu miesięcznym występowało duże zróżnicowanie sum opadów atmosferycznych. Znacznie poniżej normy (od 0% do 24%) zakwalifikował się kwiecień, kiedy suma miesięczna opadu atmosferycznego osiągnęła maksymalnie 5,8 mm, co stanowi 13% normy wieloletniej w Raciborzu, a na stacji w Częstochowie nie zanotowano wystąpienia opadów atmosferycznych. Z drugiej strony sumy opadów w lutym, marcu i październiku odpowiednio na poszczególnych stacjach były znacznie powyżej normy tj. powyżej 175% wartości z wielolecia.

Usłonecznienie w roku 2009 w zależności od regionu było wyższe w porównaniu z normą o około 22% w Katowicach i Raciborzu oraz o 16% w Częstochowie (wykres 38). Miesiącem szczególnie słonecznym był

Tabela 11. Charakterystyka wybranych elementów meteorologicznych dla stacji meteorologicznych PSHM IMGW w województwie śląskim w 2009 roku

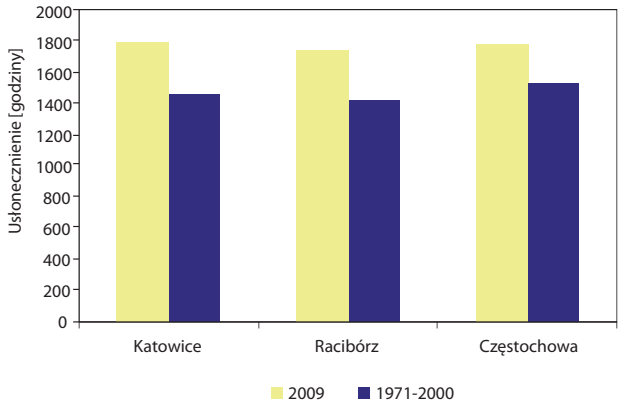
Elementy meteorologiczne	Miesiące 2009 roku												Rok 2009
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Katowice Muchowiec													
Temperatura średnia [°C]	-2,6	-0,8	2,9	12,2	13,9	15,7	19,4	18,6	15,1	7,4	6,0	-0,5	8,9
Odchylenie temperatury średniej od normy*) [°C]	-0,9	-0,4	-0,4	4,2	0,6	-0,3	1,7	1,2	1,9	-1,2	2,9	-0,3	0,8
Temperatura max [°C]	8,4	14,3	13,8	24,4	27,1	28,1	32,4	30,6	25,9	24,0	15,3	14,8	32,4
Temperatura min [°C]	-17,2	-18,5	-4	-2	-0,8	4	7,9	6,7	4,4	-2,5	-5,0	-17,3	-18,5
Prędkość wiatru średnia [m/s]	2,6	2,8	3,0	2,6	2,2	2,6	2,3	2,0	1,8	2,2	2,8	2,5	2,5
Udział cisz [%]	10,2	8,3	4,3	13,1	11,7	9,3	10,9	16,8	19,0	9,7	11,9	8,9	11,2
Suma opadu atmosferycznego [mm]	25,9	69,0	95,8	0,4	34,4	119,7	164,7	60,9	57,4	90,7	67,9	41,2	828,0
% normy opadu atmosferycznego*)	66,6	189,6	229,7	0,8	44,8	133,7	160,2	77,1	92,9	172,1	139,7	86,0	113,6
Liczba dni z opadem atmosferycznym	15	21	21	1	11	26	15	7	10	20	14	18	179
Usłonecznienie - suma [godz.]	54,2	31,7	60,2	290,2	255,9	174,9	300,6	280,9	182,6	57,6	80,5	20,2	1789,5
Bielsko-Biała Aleksandrowice													
Temperatura średnia [°C]	-2,4	-1,0	2,4	12,2	13,4	15,3	19,4	18,6	15,2	7,6	6,6	0,1	8,9
Odchylenie temperatury średniej od normy*) [°C]	-1,1	-0,6	-0,8	4,7	0,7	-0,1	2,3	1,6	2,0	-1,3	3,2	0	0,9
Temperatura max [°C]	10,8	14,6	13,3	23,3	26,1	26,8	33,2	31,2	26,6	23,3	17,4	15,8	33,2
Temperatura min [°C]	-14,6	-16,6	-5,6	-0,7	1,8	5,4	8,1	8,4	5,4	-1,5	-4,4	-17,9	-17,9
Prędkość wiatru średnia [m/s]	2,5	3,3	3,5	3,0	2,5	2,8	2,7	2,3	2,3	3,0	3,6	3,3	2,9
Udział cisz [%]	4,6	1,9	3,0	1,3	3,6	1,5	2,8	3,4	3,6	4,7	3,9	6,2	3,4
Suma opadu atmosferycznego [mm]	44,9	78,9	134,0	2,1	102,5	228,7	140,9	90,1	32,5	111,2	90,9	31,7	1088,4
% normy opadu atmosferycznym*)	107,7	188,3	272,4	2,9	102,0	170,9	109,1	78,8	35,6	184,4	158,4	60,5	115,3
Liczba dni z opadem atmosferycznym	16	21	24	3	17	24	16	9	8	22	14	19	193
Usłonecznienie suma [godz.]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Racibórz Studzienna													
Temperatura średnia [°C]	-2,3	-0,5	3,7	12,5	13,8	15,5	19,7	19,2	15,5	8,1	6,4	-0,1	9,3
Odchylenie temperatury średniej od normy*) [°C]	-1,0	-0,3	-0,1	4,3	0,4	-0,6	1,9	1,5	1,9	-0,9	2,8	-0,3	0,8
Temperatura max [°C]	6,2	13,1	14,6	24	27,3	26,8	33,2	31,9	26,6	24,4	15,6	14,5	33,2
Temperatura min [°C]	-13,6	-12,2	-2,9	-0,2	0,2	4,8	8,6	7,9	4,1	-0,5	-4,3	-16,3	-16,3
Prędkość wiatru średnia [m/s]	3,3	4,0	4,2	2,9	3,0	3,2	2,8	2,5	2,3	3,2	3,6	2,9	3,2
Udział cisz [%]	4,8	4,5	2,0	1,7	3,5	3,1	3,6	4,3	8,6	8,6	3,6	3,2	4,3
Suma opadu atmosferycznego [mm]	17,5	40,9	77,6	5,8	59,8	124,3	145,3	41,2	18,1	78,2	52,9	46,5	708,1
% normy opadu atmosferycznym*)	63,2	157,9	241,0	13,0	89,0	158,1	155,2	55,8	32,2	189,3	132,3	138,8	115,2
Liczba dni z opadem atmosferycznym	16	19	23	3	12	22	17	9	9	19	13	19	181
Usłonecznienie suma [godz.]	57,4	28,3	58,8	276,5	245,3	161,4	302,4	272,3	169,4	65,8	77,0	21,9	1736,5

Tabela 11. C.d.

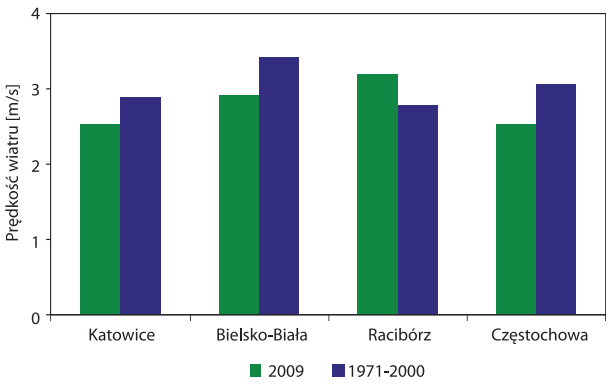
Elementy meteorologiczne	Miesiące 2009 roku												Rok 2009
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Częstochowa													
Temperatura średnia [°C]	-2,7	-0,9	2,6	12,4	13,8	15,5	19,4	19,1	15,6	6,9	6,0	-0,9	8,9
Odchylenie temperatury średniej od normy*) [°C]	-0,9	-0,2	-0,3	5,3	1,2	0,4	2,5	2,3	3,0	-1,2	3,2	-0,6	1,2
Temperatura max [°C]	6,4	14,2	13,9	24,6	26,4	28,8	32,6	30,7	26,1	22,8	14,5	13,7	32,6
Temperatura min [°C]	-18,4	-13,1	-6,2	-0,3	3,3	5,1	9,1	8,6	3,6	-1,2	-5,0	-15,7	-18,4
Prędkość wiatru średnia [m/s]	2,6	3,2	3,4	2,7	2,5	2,4	2,1	2,1	2,0	2,3	2,7	2,5	2,5
Udział cisz [%]	1,9	1,5	0,3	1,7	2,6	1,4	1,9	0,7	2,6	7,5	1,1	3,6	2,2
Suma opadu atmosferycznego [mm]	23,8	48,9	66,4	0	51,8	109,1	103,4	39,6	28,3	82,4	51,3	31,1	636,1
% normy opadu atmosferycznego*)	74,8	174,0	197,6	0	79,6	136,7	120,7	58,1	51,1	186,8	131,9	84,5	104,5
Liczba dni z opadem atmosferycznym	20	23	24	0	13	24	20	7	6	22	15	20	194
Usłonecznienie suma [godz.]	50,5	27,3	74,6	289,6	254,8	172,7	280,9	286,3	193,3	49,7	72,6	20,2	1772,5

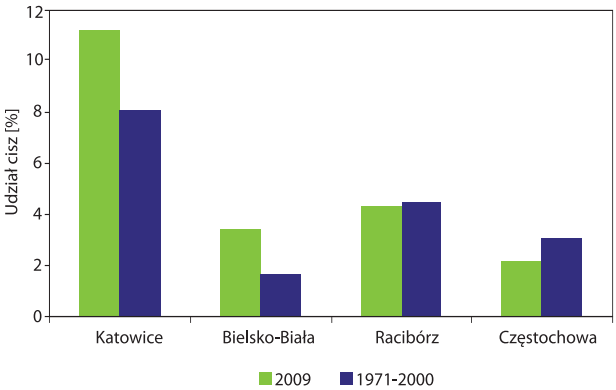
*) wartości odniesione do normy z okresu 1971-2000, kreska (-) – stacja w Bielsku-Białej Aleksandrowice nie prowadziła pomiarów usłonecznienia

kwiecień, w którym liczba godzin z usłonecznieniem była od 94% w Częstochowie do 111% w Katowicach większa w odniesieniu do normy z okresu 1971-2000. Stosunki anemologiczne na terenie województwa śląskiego zasadniczo nie różniły się od charakterystyk z wielolecia. Podobnie jak w latach poprzednich układ róż wiatru determinowany był warunkami ogólnocyrkulacyjnymi modyfikowanymi czynnikami lokalnymi (wykres 41). W badanym regionie przeważała zgodnie z oczekiwaniami cyrkulacja zachodnia, tak więc przeważające kierunki wiatru występowały z sektora SW+W+NW (w Katowicach 52,8% z tego sektora, w Częstochowie 49,6% z tego sektora), a modyfikacja róż wiatru na pozostałych stacjach wynikała z wpływu warunków orograficznych. Szczególnie dobrze zostało to zaznaczone na stacji w Bielsku-Białej

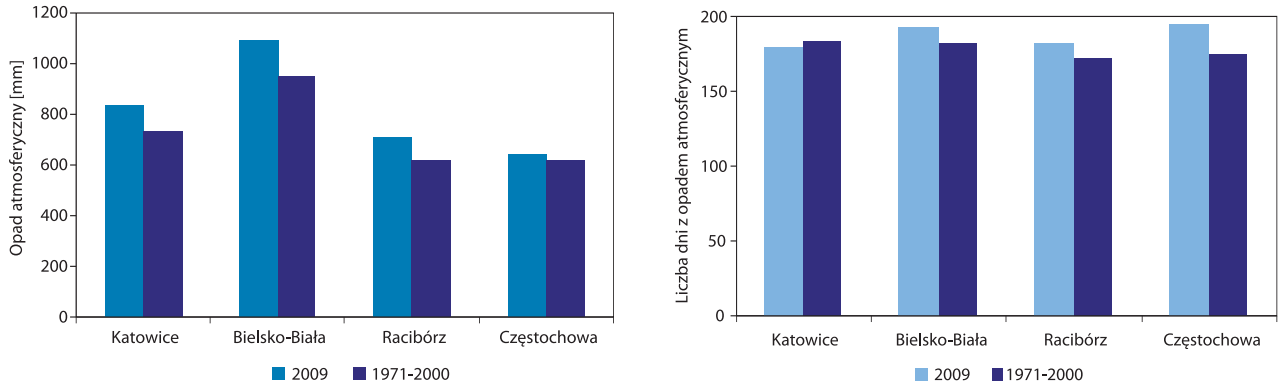


Wykres 38. Usłonecznienie dla stacji meteorologicznych PSHM IMGW w województwie śląskim w roku 2009 na tle normy z okresu 1971-2000

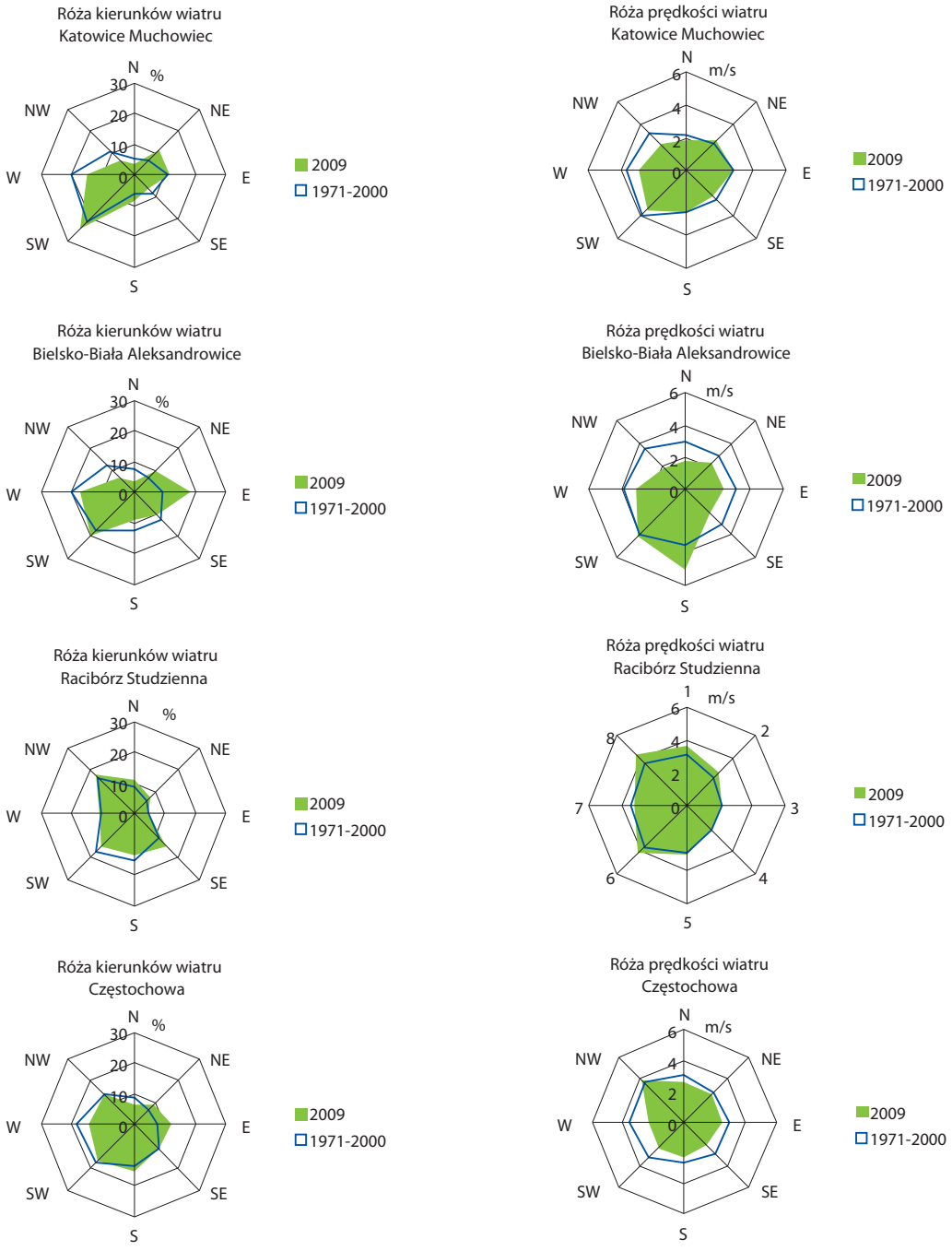




Wykres 39. Średnia roczna prędkość wiatru i udział cisz dla stacji meteorologicznych PSHM IMGW w województwie śląskim w roku 2009 na tle normy z okresu 1971-2000



Wykres 40. Suma opadu atmosferycznego i liczba dni z opadem atmosferycznym dla stacji meteorologicznych PSHM IMGW w województwie śląskim w roku 2009 na tle normy z okresu 1971-2000



Wykres 41. Róże wiatru dla stacji meteorologicznych PSHM IMGW w województwie śląskim w roku 2009 na tle normy z okresu 1971-2000

Aleksandrowicach (równoleżnikowa róża częstości wiatru sektor SW+W+NW 49,5%, a przeciwległy sektor NE+E+SE 28,2%) i dominujący kierunek południowy spowodowany zaznaczaniem się wiatru halnego (na prędkościowej róży wiatru – S średnia prędkość wiatru wynosiła 5 m/s i prawie o 100% przekraczała prędkości obserwowane z innych kierunków) oraz w Raciborzu Studziennej, gdzie przepływ powietrza determinowany jest układem doliny Odry (sektor S+SW+W 43%). Poza tym zaobserwowano nieznaczne różnice w procentowym udziale cisz w stosunku do wielolecia. Największy udział cisz obserwowano w 2009 roku w Katowicach (11,2%), a najmniejszy w Częstochowie (2,2%).