



Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016

Etap II

Epizody z lat 2015-2016



Praca wykonana na podstawie umowy nr 51/2015/F z dnia 18.11.2015 r. zawartej pomiędzy Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska a Instytutem Ochrony Środowiska – Państwowym Instytutem Badawczym, finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr 726/2014/Wn-50/MN-PO-CR/d z dnia 20.10.2014 r.

Warszawa, 2017

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016

Etap II.

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2015-2016

Zamawiający:



Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa
Telefon: (22) 825-41-29, Faks: (22) 825-41-29

Wykonawca:



Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa
Telefon: (22) 833 59 37

Podwykonawca:



Fundacja EkoProгноza
ul. Służewska 2/22, 00-569 Warszawa

Autorzy:

Jacek Iwanek
Joanna Strużewska
Jacek Kamiński
Paweł Durka
Dominik Kobus
Jakub Kostrzewa
Tomasz Pecka

SPIS TREŚCI

1. Cel i zakres pracy	7
2. Przyjęta metodyka analiz.....	8
2.1. Dane i informacje wykorzystane w pracy	8
2.2. Metodyka pracy	11
2.3. Założenia wyboru i zestawienie epizodów	16
3. Charakterystyka lat uwzględnionych w analizie	20
3.1. Cyrkulacja atmosferyczna	20
3.2. Stężenie pyłu PM10 w latach 2015-2016	25
4. Analiza epizodów	45
4.1. Epizod 1. Od 20 do 22 stycznia 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy)	45
4.2. Epizod 2. Od 1 do 5 lutego 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Słowacja).....	52
4.3. Epizod 3. Od 13 do 15 lutego 2015 r.....	61
4.4. Epizod 4. Od 17 do 23 lutego 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Słowacja, Czechy).....	68
4.5. Epizod 5. Od 25 lutego do 1 marca 2015 r.....	78
4.6. Epizod 6. Od 7 do 11 marca 2015 r.....	85
4.7. Epizod 7. Od 19 do 21 marca 2015 r.....	94
4.8. Epizod 8. Od 23 do 25 marca 2015 r.....	101
4.9. Epizod 9. Od 26 do 27 października 2015 r.	108
4.10. Epizod 10. Od 28 do 31 października 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)	115
4.11. Epizod 11. Od 2 do 7 listopada 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)	123
4.12. Epizod 12. Od 25 do 28 listopada 2015 r.	132
4.13. Epizod 13. Od 14 do 17 grudnia 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy)	139
4.14. Epizod 14. Od 23 do 25 grudnia 2015 r.....	147
4.15. Epizod 15. Od 31.12.2015 do 1.01.2016 r.....	154
4.16. Epizod 16. Od 4 do 7 stycznia 2016 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy).....	161
4.17. Epizod 17. Od 9 do 12 stycznia 2016 r.....	170
4.18. Epizod 18. Od 17 do 20 stycznia 2016 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy)	177
4.19. Epizod 19. Od 22 do 24 stycznia 2016 r.....	186
4.20. Epizod 20. Od 13 do 15 lutego 2016 r.....	194
4.21. Epizod 21. Od 25 do 28 lutego 2016 r.....	201
4.22. Epizod 22. Od 16 do 18 marca 2016 r.....	207
4.23. Epizod 23. Od 23 do 25 marca 2016 r.....	215
4.24. Epizod 24. Od 9 do 10 listopada 2016 r.	223
4.25. Epizod 25. Od 23 do 26 listopada 2016 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy)	229
4.26. Epizod 26. Od 4 do 5 grudnia 2016 r.	236
4.27. Epizod 27. Od 29 do 31 grudnia 2016 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Słowacja)	
243	
5. Analiza jakości modelowania	252
5.1. Ewaluacja modelowania - pył PM10.....	252
5.2. Ewaluacja modelowania – temperatura i wiatr.....	257
6. Podsumowanie	262

1. CEL I ZAKRES PRACY

Niniejsza praca została zrealizowana przez Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy oraz Fundację EkoPrognoza na podstawie umowy zawartej z Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska. Jej podstawowym celem jest pogłębienie wiedzy o przebiegu i przyczynach występowania epizodów wysokich stężeń pyłu zawieszonego PM10 w powietrzu, które wystąpiły w latach 2013-2016 na terenie Polski oraz krajów sąsiadujących z Polską z uwzględnieniem aspektu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń.

Epizod w rozumieniu niniejszej pracy jest to sytuacja jedno- lub kilkudniowych podwyższonych stężeń pyłu PM10, w której ma miejsce znaczące (ponad 50%) przekroczenie dobowego poziomu dopuszczalnego dla pyłu PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na potrzeby analiz wprowadzono również pojęcie "poziomu granicznego epizodu" wynoszącego $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W ramach pierwszego etapu prac poddano analizie 28 epizodów z lat 2013-2014. Wyniki przedstawiono w opracowaniu „Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016. Etap I. Epizody z lat 2013-2014”. W niniejszym, drugim etapie przeanalizowano 27 epizodów z lat 2015-2016.

We wstępnych rozdziałach opracowania przedstawiono przyjętą metodykę analiz, w tym opis wykorzystanych danych i informacji, poszczególnych etapów badania epizodów, a także kryteria ich wyboru. Następnie scharakteryzowano lata uwzględnione w analizie (2015 i 2016) pod kątem panujących w Polsce warunków meteorologicznych oraz zanieczyszczenia pyłem PM10, ze szczególnym uwzględnieniem krótkoterminowych sytuacji wysokich stężeń.

Zasadniczą część dokumentu stanowią szczegółowe analizy wybranych 27 epizodów. Obejmują one analizę meteorologiczną, analizę zmian stężeń pyłu zawieszonego w trakcie epizodu oraz informację na temat zasięgu, czasu trwania i przyczyn powstania sytuacji epizodu, jak również informację o ewentualnym udziale transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń. Określenie przyczyn wystąpienia epizodów obejmuje analizę udziału podstawowych kategorii źródeł (punktowe, liniowe i powierzchniowe) na powstawanie sytuacji smogowych. Na potrzeby analizy rozkładu przestrzennego oraz przyczyn powstania wysokich stężeń pyłu PM10 wykonano serię symulacji trajektorii wstecznych dla wybranych lokalizacji w kraju oraz za granicą, a także modelowanie matematyczne wraz z analizą jego błędów.

2. PRZYJĘTA METODYKA ANALIZ

2.1. Dane i informacje wykorzystane w pracy

Podstawę analiz epizodów, obok wyników modelowania, stanowiły wyniki pomiarów stężenia pyłu PM10 pochodzące ze stacji działających w ramach Programu Państwowego Monitoringu Środowiska, nadzorowanego na poziomie krajowym przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Wykorzystano wyniki pomiarów ze stanowisk, na których wykonywane były pomiary zarówno metodą manualną (grawimetryczną), jak i metodami automatycznymi. Dane te są gromadzone w krajowej bazie danych monitoringu jakości powietrza JPOAT2,0, znajdującej się w GIOŚ. Wyniki pomiarów stężeń pyłu PM10 z 2015 r., poddane analizie w ramach niniejszego opracowania, były po końcowej rocznej weryfikacji i zatwierdzeniu, serie z 2016 r. były danymi zweryfikowanymi, ale nie zatwierdzonymi przez WIOŚ.

W analizach uwzględniono zasadniczo wyniki ze stacji tła miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego. W niektórych przypadkach pomocne było wykorzystanie również danych ze stacji komunikacyjnych i przemysłowych. W tabeli 2.1-1 zestawiono liczbę uwzględnionych stacji pomiarowych z poszczególnych województw, z podziałem na ich typy.

Tabela 2.1-1. Zestawienie liczby polskich stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystano w analizach

Województwo	Stacje tła				Stacje komunikacyjne	Stacje przemysłowe
	miejskiego	podmiejskiego	pozamiejskiego	Suma		
dolnośląskie	20		1	21		1
kujawsko-pomorskie	6	4	2	12	4	
lubelskie	4	4		8		
lubuskie	6			6		
łódzkie	18		1	19	2	1
małopolskie	17			17	1	1
mazowieckie	11	3	1	15	1	1
opolskie	8			8		
podkarpackie	11			11		
podlaskie	5			5		
pomorskie	20		2	22		
śląskie	20	1	1	22	2	
świętokrzyskie	6	2		8		
warmińsko-mazurskie	7		1	8		
wielkopolskie	13	2		15		
zachodniopomorskie	4	1	1	6	2	1
Polska	176	17	10	203	12	5

Na potrzeby analizy występowania sytuacji epizodów w rejonach przygranicznych wykorzystano wyniki pochodzące ze stacji położonych w Niemczech, Czechach oraz na Słowacji i Litwie, w odległości do 150 km od granicy z Polską. Zestawienie ich liczby oraz

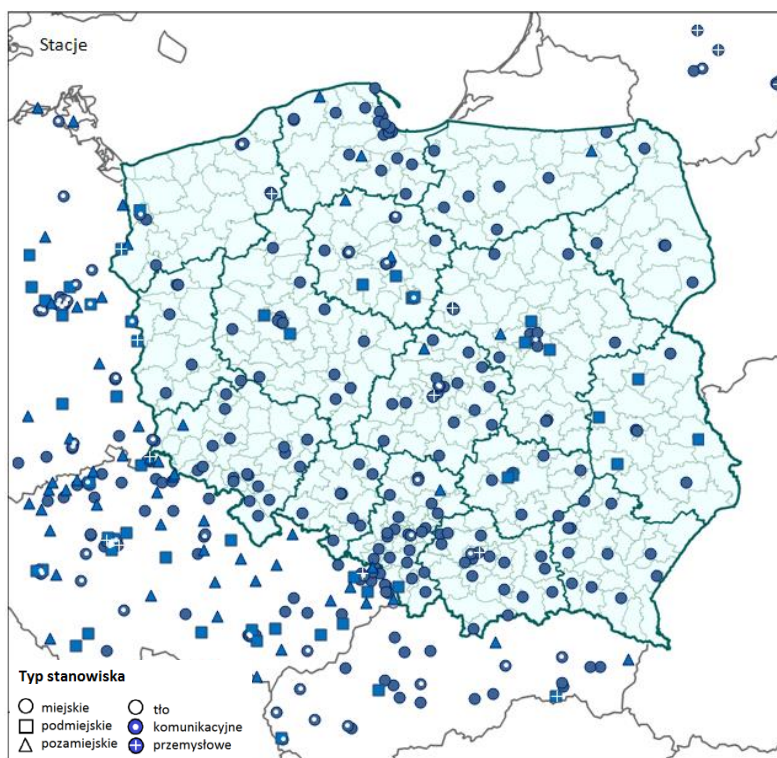
typu, dla poszczególnych krajów, zawiera tabela 2.1-2. Wyniki z 2015 r. pobrano z oficjalnego Centralnego Repozytorium Danych (CDR) sieci EIONET, nadzorowanego przez Europejską Agencję Środowiska, w postaci raportów XML, przesłanych w ramach tzw. e-Raportowania. Pliki XML, zawierające wyniki pomiarów oraz odpowiednie meta informacje (np. lokalizację i typ stacji) poddano dekodowaniu pozwalającemu na ich dalsze przetwarzanie i analizę. Były to wyniki zweryfikowane i zatwierdzone. Wyniki pomiarów stężeń PM₁₀ z 2016 r. uzyskano od przedstawicieli instytucji nadzorujących system monitoringu zanieczyszczenia powietrza w tych krajach (z Czech i Słowacji za pośrednictwem GIOŚ). Były to wyniki surowe przed weryfikacją roczną.

W tabeli podano również skróty nazw krajów ościennych, wykorzystywane w opracowaniu, np. w ilustracjach graficznych i zestawieniach tabelarycznych.

Tabela 2.1-2. Zestawienie liczby zagranicznych stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystano w analizach

Kraj	Skrót	Stacje tła				Stacje komunikacyjne	Stacje przemysłowe
		miejskiego	podmiejskiego	pozamiejskiego	Suma		
Czechy	CZ	34	18	33	85	19	3
Niemcy	DE	10	9	12	31	18	2
Litwa	LT	3			3	4	3
Słowacja	SK	15	2	2	19	8	1

Rysunek 2.1-1 ilustruje lokalizację stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystano na potrzeby analizy epizodów. Wyróżniono poszczególne typy stacji.



Rysunek 2.1-1. Lokalizacja stacji pomiarów stężenia pyłu PM10

Ilustracje i opisy dotyczące pionowej zmienności temperatury powietrza oraz występowania sytuacji inwersyjnych wykonano w oparciu o wyniki sondaży aerologicznych wykonanych na stacjach:

- Legionowo (Polska, nr stacji 12374),
- Wrocław (Polska, nr stacji 12425),
- Prostejov (Czechy, nr stacji 11747),
- Poprad-Ganovce (Słowacja, nr stacji 11952).

Wyniki uzyskano z serwisu internetowego Wydziału Nauk o Atmosferze Uniwersytetu Wyoming (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>).

Wykorzystane w analizach dane meteorologiczne pochodzą z sieci stacji Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej w Polsce. Zostały one pozyskane z systemu amerykańskiego Krajowego Centrum Danych Klimatycznych, dostępnego na stronie internetowej:

<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=&resolution=40>

Do szczegółowych analiz epizodów wykorzystano dane meteorologiczne ze stacji wymienionych w tabeli 2.1-3.

Tabela 2.1-3. Wykaz stacji meteorologicznych, z których wyniki wykorzystano w analizach

Stacja	Współrzędne geograficzne		Wysokość m n.p.m.
	Szerokość N	Długość E	
Bielsko-Biała	49,9	19	399
Katowice	50,233	19,033	284
Kraków	50,083	19,783	241
Łódź	51,733	19,4	190
Nowy Sącz	49,617	20,7	295
Poznań	52,421	16,826	94
Warszawa	52,166	20,967	110
Ostrawa (CZ)	49,696	18,111	257
Praga (CZ)	50,067	14,433	254
Poprad (SK)	49,033	20,317	703

Dodatkowo, na potrzeby analizy epizodów wykorzystano dane meteorologiczne pozyskane z serwisu internetowego <https://www.wunderground.com>.

W ilustracjach graficznych prezentujących przebiegi wysokości stężeń na wybranych stacjach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych (wykresy) uwzględniano okres od jednego dnia sprzed wystąpienia opisywanego epizodu do dnia następnego po jego zakończeniu.

Analizy synoptyczne zostały opracowane na podstawie map synoptycznych publikowanych w pogodowym serwisie internetowym Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego "Pogodynka" (<http://www.pogodynka.pl>), a także z wykorzystaniem wyników pomiarów wykonanych na stacjach meteorologicznych.

2.2. Metodyka pracy

Każdy z epizodów został poddany analizie zgodnie z przyjętym schematem postępowania, uwzględniającym wykorzystanie różnego typu danych i informacji. Zestawione roczne serie dobowych średnich wyników pomiarów stężenia pyłu PM10 poddano obróbce statystycznej oraz wstępnemu przeglądowi, co pozwoliło na wybór epizodów i ich zakresu czasowego, zgodnie z przyjętymi kryteriami (opisanymi w rozdziale 2.3). Dla każdego z dni epizodu przygotowano ilustrację graficzną, prezentującą wielkości stężeń zmierzonych na poszczególnych stanowiskach pomiarowych. W wyniku dalszej analizy danych pomiarowych określono, dla każdego epizodu, tzw. dzień referencyjny, stanowiący przeważnie kulminację epizodu, charakteryzujący się jego największym nasileniem (najwyższymi poziomami stężeń) oraz zasięgiem.

W ramach analizy epizodu opisano panującą w trakcie jego trwania sytuację synoptyczną w Polsce. Opis ten zilustrowano mapą synoptyczną, przygotowaną dla dnia referencyjnego epizodu, lub, w kilku przypadkach, dla dnia sąsiedniego, jeśli lepiej odzwierciedlał on warunki synoptyczne sprzyjające wystąpieniu epizodu.

Szczegółowy opis przebiegu epizodu, jego zasięgu oraz poziomów stężeń, został oparty na wynikach pomiarów, zarejestrowanych na stacjach monitoringu jakości powietrza funkcjonujących w Polsce oraz zlokalizowanych w krajach ościennych. Syntetycznie opisano cały epizod, jego nasilenie oraz zasięg, a także wskazano przypadki wystąpienia podczas jego trwania przekroczeń poziomów: informowania oraz alarmowego, określonych dla stężeń pyłu PM10. Bardziej dokładnie opisano dzień kulminacyjny epizodu. Analiza została zilustrowana mapami prezentującymi średnie dobowe wartości zmierzonych stężeń, a także wykresami wyników pomiarów z kilku wybranych stacji zlokalizowanych na obszarze wystąpienia epizodu, na których zanotowano największe stężenia pyłu. Część stacji uwzględnionych na wykresach została wybrana ze względu na ich położenie na terenie miast o dużej liczbie mieszkańców narażonych na oddziaływanie epizodu. Przebiegi wielkości stężeń zostały uzupełnione oznaczeniem poziomu granicznego epizodu, przyjętego jako $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wykresy obejmują także przebiegi wielkości wybranych parametrów meteorologicznych, zmierzonych na stacji synoptycznej zlokalizowanej na obszarze największego nasilenia epizodu: średnich dobowych prędkości wiatru, temperatury (średniej, minimalnej i maksymalnej w dobie), ciśnienia atmosferycznego oraz wilgotności względnej. Rozmieszczenie poszczególnych parametrów na wspólnych osiach czasu z wartościami stężeń pyłu ułatwia analizę zależności pomiędzy zanieczyszczeniem a warunkami meteorologicznymi. Zakres czasowy każdego z epizodów obejmuje okres od jednego dnia sprzed jego wystąpienia do jednego dnia po zakończeniu.

Opis epizodu uzupełniono o tabelaryczne podsumowanie podstawowych informacji o stężeniach pyłu PM10 zarejestrowanych w każdym dniu objętym epizodem. Zestawienia przygotowano odrębnie dla następujących zbiorów stanowisk pomiarowych:

- wszystkie stanowiska w Polsce,
- stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce,
- stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce.

Obejmuje ono następujące parametry:

- uśrednione stężenia 24-godzinne PM10 dla wszystkich stanowisk należących do określonego zbioru,
- procent stanowisk z 24-godzinną średnią wartością stężenia PM10 powyżej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- procent stanowisk z 24-godzinną średnią wartością stężenia PM10 powyżej $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- procent stanowisk z 24-godzinną średnią wartością stężenia PM10 powyżej wartości 95. percentyla z serii stężeń średnich dobowych,
- maksymalne stężenie 24-godzinne pyłu.

Zestawienia uzupełniono o informacje o liczbie stanowisk ze stężeniami przekraczającymi poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) poza granicami Polski (na Słowacji, w Czechach i Niemczech), zlokalizowanych na obszarze objętym analizą.

Na potrzeby analizy epizodów przygotowano również ilustracje pionowych profili temperatury potencjalnej, uzyskanych za pomocą sondaży aerologicznych wykonanych na stacjach zlokalizowanych na obszarze objętym epizodem lub w jego pobliżu. Obejmują one dane z godzin 0 oraz 12 UTC z każdego z dni epizodu (w przypadku długotrwałych epizodów - z wybranych dni). Na podstawie tych danych przeprowadzono analizy warunków chwiejności atmosfery i występowania sytuacji inwersyjnych podczas epizodu.

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM10 w trakcie trwania epizodów został również przeanalizowany na podstawie wyników wykonanego dla nich modelowania matematycznego. Obliczenia zostały wykonane dla wszystkich dni zidentyfikowanych jako okresy epizodów.

Jako podstawowe narzędzie obliczeniowe wykorzystano model GEM-AQ. Model GEM-AQ został opracowany na bazie numerycznego modelu prognoz pogody GEM (*Global Environmental Multiscale Model*), rozbudowanego przez wprowadzenie kompleksowego modułu chemii troposfery [Kamiński i inni, 2008].

Integralną częścią modelu GEM-AQ jest moduł aerozolowy, który pozwala na symulacje aerozolu atmosferycznego oraz jego interakcje ze związkami chemicznymi fazy gazowej. Moduł aerozolowy CAM (*Canadian Aerosol Model*; Gong i inni, 2003) obejmuje przemiany fizykochemiczne pięciu typów aerozoli o różnym składzie chemicznym:

- aerozolu siarczanowego,
- aerozolu organicznego,
- węgla elementarnego (sadzy),
- pyłu mineralnego,
- soli morskiej.

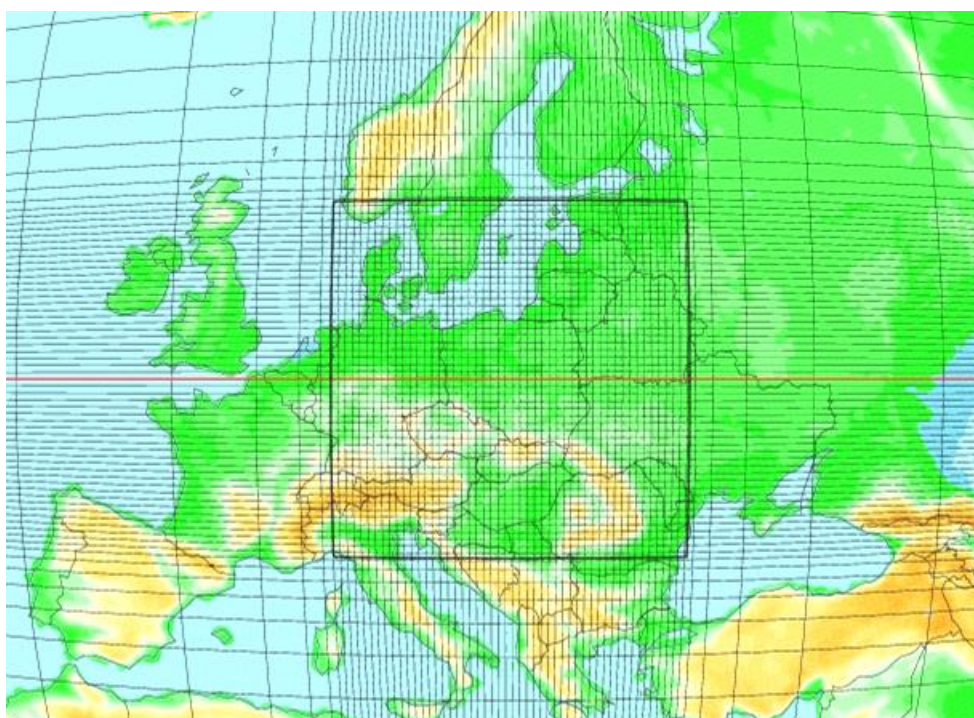
Procesy aerozolowe reprezentowane są poprzez parametryzacje nukleacji, koagulacji, procesów wewnątrz-chmurowych, z uwzględnieniem chemii fazy ciekłej dla związków siarki i wmywania wewnątrz chmury, jak również sedymentacji oraz suchej i mokrej depozycji. Procesy transportu uwzględniają adwekcję, dyfuzję turbulencyjną oraz głęboką konwekcję.

Rozkład masy reprezentowany jest w 12 przedziałach wielkości cząstek aerozolu opisujących logarytmiczny wzrost promienia cząstek (tabela 2.2-1).

Tabela 2.2-1. Rozkład wielkości aerozolu w modelu GEM-AQ

Zakres zmienności [μm]	0.005- 0.01	0.01- 0.02	0.02- 0.04	0.04- 0.08	0.08- 0.16	0.16- 0.32	0.32- 0.64	0.64- 1.28	1.28- 2.56	2.56- 5.12	5.12- 10.24	10.24- 20.48
Średni promień aerodynami- czny [μm]	0.0075	0.015	0.03	0.06	0.12	0.24	0.48	0.96	1.92	3.84	7.68	15.36

Modelowane wartości stężeń pyłów PM₁₀ uzyskano sumując odpowiednie frakcje poszczególnych komponentów chemicznych.



Rysunek 2.2-1. Konfiguracja siatki globalnej o zmiennej rozdzielczości (fragment): czarny kwadrat obejmuje obszar o rozdzielczości 10 km, czerwona linia obrazuje równik w obróconym układzie współrzędnych

Obliczenia modelem GEM-AQ były wykonywane na siatce globalnej o zmiennej rozdzielczości, przy czym rozdzielczość nad Polską i krajami ościennymi wynosiła ok. 10 km (Rysunek 2.2-1). Taka konfiguracja siatki modelu gwarantuje automatyczne spełnienie wymagań odnośnie zapewniania bocznych warunków brzegowych dla stężeń pyłu PM₁₀. Ponieważ obliczenia wykonywane są globalnie, nad obszar rdzenia siatki, w którym zawiera się Polska stężenia PM₁₀ z obszarów otaczających nadpływają w każdym kroku realizacji obliczeń. Dzięki temu zachowana została pełna ciągłość pól stężeń oraz uniknięto błędów związanych z interpolacją przestrzenną pochodzących z innego źródła warunków brzegowych.

Wszystkie pola meteorologiczne i chemiczne były archiwizowane co godzinę:

- a) Pola meteorologiczne 2D (najniższa warstwa modelu)
 - temperatura (°C),
 - wilgotność właściwa (kg/kg),
 - ciśnienie (hPa);
- b) Pola meteorologiczne 3D
 - składowe prędkości wiatru (węzły)
- c) Pola chemiczne:
 - stężenie PM10 (ppb).

Wartości stężeń PM10 dla najniższej warstwy modelu, która ma reprezentować wartości „przy powierzchni ziemi”, poddawane były przeliczeniu do jednostki $\mu\text{g}/\text{m}^3$, z uwzględnieniem gęstości powietrza obliczonej na podstawie chwilowych wartości parametrów meteorologicznych (temperatury, ciśnienia i wilgotności).

Obliczone diagnostyki dla dnia referencyjnego każdego epizodu obejmowały:

1. stężenia 24-godzinne PM10,
2. udział stężeń PM10 pochodzących z emisji ze źródeł komunikacyjnych w całkowitym stężeniu PM10,
3. udział stężeń PM10 pochodzących z emisji ze źródeł punktowych w całkowitym stężeniu PM10,
4. udział stężeń PM10 pochodzących z emisji ze źródeł powierzchniowych w całkowitym stężeniu PM10,
5. udział stężeń PM10 pochodzących z źródeł emisji na terenie Polski w całkowitym stężeniu PM10,
6. udział stężeń PM10 pochodzących z źródeł emisji poza terenem Polski w całkowitym stężeniu PM10.

Wartości składowych prędkości wiatru zostały przeliczone na jednostki [m/s]. Trójwymiarowe wyniki modelu GEM-AQ dotyczące pola wiatru zostały poddane transformacji do formatu GRIB a następnie do formatu ARL celem wykreślenia trajektorii wstecznych dla minionych 48 godzin. Do wyznaczeni trajektorii wykorzystano model HYSPLIT [Stein i inni, 2015] (https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php).

Dla każdego epizodu przedstawiono napływ w postaci trajektorii wstecznych na 4 wysokościach (100m, 300m, 500m, 1000m). Trajektorie były kreślone dla dnia referencyjnego, dla dwóch do czterech lokalizacji, odpowiadających położeniu stacji pomiarowych na których zarejestrowano najwyższe stężenia, zlokalizowanych często w różnych regionach objętych epizodem.

Na podstawie informacji zestawionych dla każdego z epizodów oraz przeprowadzonych analiz określono ich charakter oraz wskazano na główne przyczyny.

Poszczególne analizowane epizody zostały w pracy opisane w sposób chronologiczny, zgodny z terminami ich wystąpienia. Przyjęto zasadę, iż dla wszystkich epizodów analizę przeprowadzono dla obszaru Polski. Ponadto dla wybranych, zgodnie z taką samą metodyką, przeprowadzono analizę obejmującą również obszary państw ościennych, jeśli epizod został na nich stwierdzony.

2.3. Założenia wyboru i zestawienie epizodów

Podstawą wyboru 27 epizodów była analiza serii średnich dobowych wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM10 zarejestrowanych w latach 2015-2016 na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska oraz stacjach zlokalizowanych na uwzględnionych obszarach krajów ościennych. W pierwszej kolejności przeanalizowano dane pod kątem znalezienia epizodów, w czasie których przekroczenie wartości 95. percentyla rozkładu stężeń średnich dobowych PM10 miało miejsce na co najmniej 75% całkowitej liczby stacji, przy jednoczesnym przekroczeniu średniego dobowego stężenia pyłu PM10 $\geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na co najmniej trzech stacjach. Trzy epizody spełniały te kryteria. Ponadregionalne epizody (typu I) wystąpiły Polsce w dniach: 19-21.03.2015 r., 4-6.01.2016 r., 22-24.01.2016 r.

W drugiej kolejności wybrano epizody, w czasie których przekroczenie średniego dobowego stężenia pyłu PM10 $\geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło na co najmniej trzech krajowych lub zagranicznych stacjach w ciągu dwóch lub trzech kolejnych dni. Warunek ten jest spełniony przez pozostałe 24 epizody wybrane do analizy. Poszczególne epizody różnią się terminami ich wystąpienia.

Analizowane sytuacje epizodów są zróżnicowane, co do kierunków napływu mas powietrza. Szczególnie uwzględniono epizody, które miały miejsce przy napływach mas powietrza z kierunków wschodnich, zachodnich oraz z południa.

Łącznie opisano 27 epizodów, w tym 14 z 2015 r., 12 z 2016 i jeden z przełomu 2015 i 2016 r. Objęły one 57 dni w 2015 r. i 40 dni z 2016 r.

Epizody zostały opisane w sposób chronologiczny, zgodnie z terminem ich wystąpienia. Na podstawie analizy wyników pomiarów wykonanych w krajach ościennych wybrano 8 epizodów zagranicznych, które zostały przeanalizowane zgodnie z tą samą metodyką, co krajowe. Ze względu na rozległy przestrzennie charakter tych epizodów oraz ich duże znaczenie również dla terenu Polski, analizy te obejmują również sytuację krajową. W rozdziale 3.3. przedstawiono ilustracje dotyczące poziomów stężenia pyłu PM10 w poszczególnych krajach ościennych, które wykorzystano na potrzeby wyboru epizodów do analizy.

Opis epizodów w krajach ościennych dotyczy głównie Czech, w mniejszym stopniu Niemiec oraz Słowacji. Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom graniczny epizodu, na obszarze Litwy obserwowane były sporadycznie, przede wszystkim na stacjach komunikacyjnych. Zgodnie z założeniami, dane ze stacji komunikacyjnych nie stanowiły

podstawy analizy. Priorytetowo traktowane były wyniki ze stacji tła miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego, nielicznych na uwzględnionym obszarze Litwy.

W opisie epizodów polskich, które obejmowały swoim zasięgiem również obszary w krajach ościennych, także zawarto informacje odnoszące się do panującej tam sytuacji.

W tabeli 2.3-1 zestawiono wszystkie epizody, z podaniem okresów, w których wystąpiły oraz dnia referencyjnego, zgodnie z przyjętą metodyką analizy. Oznaczono epizody, które wystąpiły jednocześnie w krajach ościennych, poddane rozszerzonej analizie dotyczącej tych krajów. Zestawienie obejmuje także, dla każdego z epizodów:

- wykaz miast, w których zlokalizowane są stacje pomiarów parametrów meteorologicznych oraz stacje aerologiczne, z których wyniki wykorzystano w analizach,
- wykaz miast, dla których wykonano obliczenia trajektorii wstecznych,
- wykaz miast, z których pochodzą wyniki pomiarów stężeń PM10 wykorzystane do ilustracji przebiegu epizodów.

Wyróżniono, za pomocą zielonego tła komórek tabeli, trzy epizody: 19-21.03.2015 r., 4-6.01.2016 r., 22-24.01.2016 r. Miały one charakter ponadregionalny i cechowały się wysokimi poziomami stężeń oraz największym zasięgiem.

Pogrubioną czcionką zaznaczono opisane epizody, które wystąpiły w krajach ościennych.

Tabela 2.3-1 Zestawienie analizowanych epizodów z lat 2015-2016

Numer epizodu	Początek epizodu	Koniec epizodu	Liczba dni epizodu	Dzień referencyjny	Kraje objęte epizodem	Stacje meteorologiczne	Stacje aerologiczne	Trajektorie wsteczne	Wyniki pomiarów stężenia PM10
1	20.01.2015	22.01.2015	3	21.01.2015	PL, CZ	Katowice, Ostrawa (CZ)	Prostejov	Rybnik, Ostrawa (CZ)	Rybnik, Opoczno, Ostrawa (CZ), Olomuniec (CZ)
2	01.02.2015	05.02.2015	5	02.02.2015	PL, SK	Kraków, Poprad (SK)	Legionowo	Tuchów, Otwock, Rużomberk (SK)	Opoczno, Tuchów, Rużomberk (SK), Lutynia Dolna (CZ)
3	13.02.2015	15.02.2015	3	14.02.2015	PL	Katowice	Legionowo	Pszczyna, Żyrardów	Pszczyna, Poznań, Żyrardów
4	17.02.2015	23.02.2015	7	20.02.2015	PL, SK, CZ	Kraków, Poprad (SK)	Poprad	Kraków, Otwock, Rużomberk (SK)	Opoczno, Otwock, Kraków, Pszczyna Rużomberk (SK), Kładno (CZ)
5	25.02.2015	28.02.2015	4	28.02.2015	PL	Łódź	Poprad	Kraków, Opoczno	Opoczno, Radomsko, Wodzisław Śląski, Żywiec
6	07.03.2015	11.03.2015	5	10.03.2015	PL	Kraków	Poprad	Jarosław, Radomsko	Jarosław, Radomsko, Kraków
7	19.03.2015	21.03.2015	3	20.03.2015	PL	Warszawa	Legionowo	Warszawa, Kraków	Łódź, Kraków, Otwock, Warszawa
8	23.03.2015	25.03.2015	3	24.03.2015	PL	Katowice	Prostejov	Pszczyna, Otwock	Pszczyna, Otwock
9	26.10.2015	27.10.2015	2	27.10.2015	PL	Katowice	Prostejov	Ostrawa, Piotrków	Piotrków Trybunalski, Otwock
10	28.10.2015	31.10.2015	4	30.10.2015	PL, CZ, DE	Katowice, Ostrawa (CZ)	Prostejov	Ostrawa, Kraków	Pszczyna, Rybnik, Poznań, Otwock, Kraków Ostrawa (CZ), Buckow (DE)
11	02.11.2015	07.11.2015	6	04.11.2015	PL	Katowice, Praga (CZ)	Prostejov	Praga, Pszczyna, Wrocław	Żywiec, Ząbkowice Śląskie, Otwock Praga (CZ), Frydek-Mistek (CZ), Lom (CZ)
12	25.11.2015	28.11.2015	4	26.11.2015	PL	Kraków	Poprad	Kraków, Opoczno	Kraków, Opoczno
13	14.12.2015	17.12.2015	4	15.12.2015	PL, CZ	Kraków, Ostrawa (CZ)	Prostejov	Kraków, Lom (CZ)	Nowa Ruda, Kraków, Most (CZ), Lom (CZ)
14	23.12.2015	25.12.2015	3	24.12.2015	PL	Nowy Sącz	Poprad	Nowy Sącz, Rybnik	Nowy Sącz, Rybnik

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap II. Epizody z lat 2015-2016

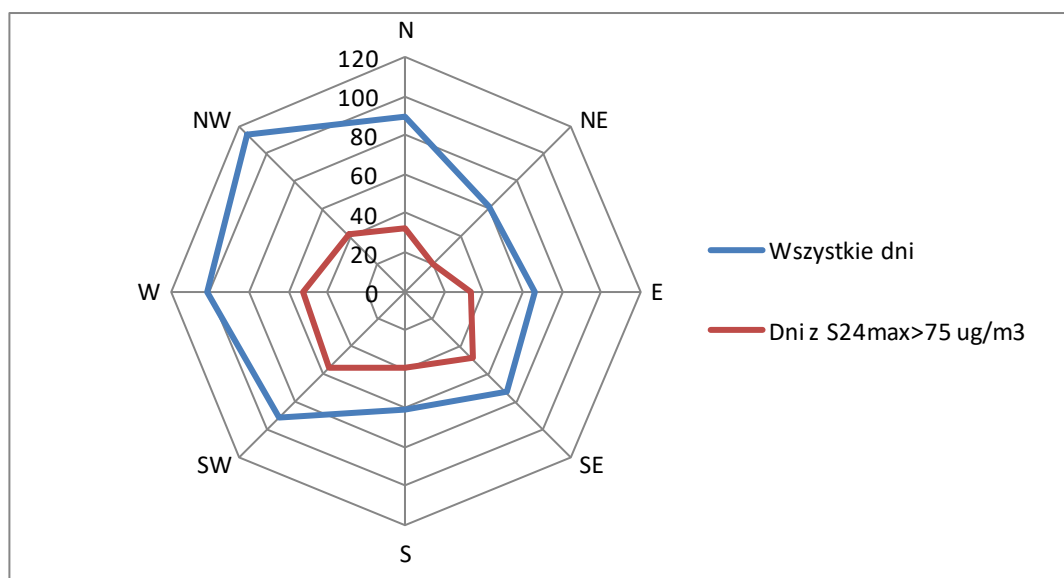
Numer epizodu	Początek epizodu	Koniec epizodu	Liczba dni epizodu	Dzień referencyjny	Kraje objęte epizodem	Stacje meteorologiczne	Stacje aerologiczne	Trajektorie wsteczne	Wyniki pomiarów stężenia PM10
15	31.12.2015	01.01.2016	2	01.01.2016	PL, CZ	Kraków	Poprad	Tychy, Niepołomice	Niepołomice, Kraków, Tychy
16	04.01.2016	07.01.2016	4	06.01.2016	PL, CZ, DE	Bielsko-Biała, Praga (CZ)	Prostejov	Sosnowiec, Pilzno (CZ), Wermsdorf (DE)	Piotrków Trybunalski, Bielsko-Biała, Pilzno (CZ), Berlin (DE), Budziszyn (DE)
17	09.01.2016	12.01.2016	4	10.01.2016	PL	Wrocław	Wrocław	Pszczyna, Wrocław	Legnica, Wrocław, Pszczyna
18	17.01.2016	20.01.2016	4	19.01.2016	PL, CZ	Katowice, Ostrawa (CZ)	Prostejov	Lublin, Lutynia Dolna (CZ)	Lublin, Brzeziny, Rybnik, Decin (CZ), Lutynia Dolna (CZ)
19	22.01.2016	24.01.2016	3	23.01.2016	PL	Kraków	Legionowo	Kraków, Otwock	Kraków, Otwock
20	13.02.2016	15.02.2016	3	13.02.2016	PL	Poznań	Prostejov	Nowy Tomyśl, Żywiec	Nowy Tomyśl, Żywiec
21	25.02.2016	28.02.2016	4	27.02.2016	PL	Katowice	Prostejov	Kłodzko, Gliwice	Kłodzko, Gliwice
22	16.03.2016	18.03.2016	3	17.03.2016	PL	Katowice	Prostejov	Opoczno, Rybnik	Opoczno, Rybnik
23	23.03.2016	25.03.2016	3	25.03.2016	PL	Katowice	Prostejov	Radomsko, Sosnowiec	Radomsko, Sosnowiec, Otwock
24	09.11.2016	10.11.2016	2	09.11.2016	PL	Katowice	Prostejov	Wodzisław Śląski	Wodzisław Śląski, Ostrów Wielkopolski
25	23.11.2016	26.11.2016	4	24.11.2016	PL	Katowice	Prostejov	Skawina, Karwina (CZ)	Pszczyna, Skawina
26	04.12.2016	05.12.2016	2	05.12.2016	PL	Katowice	Wrocław	Kłodzko, Wodzisław Śląski	Kłodzko, Wodzisław Śląski, Kraków
27	29.12.2016	31.12.2016	3	30.12.2016	PL, CZ, SK	Katowice, Ostrawa (CZ)	Prostejov	Kraków, Wodzisław Śląski, Jarcová (CZ)	Wodzisław Śląski, Kraków, Martin (SK), Jarcova (CZ)

3. CHARAKTERYSTYKA LAT UWZGLĘDNIONYCH W ANALIZIE

3.1. Cyrkulacja atmosferyczna

W opisie sytuacji meteorologicznej wykorzystywana jest klasyfikacja typów cyrkulacji wg Lityńskiego (Lityński, 1969). W klasyfikacji tej charakter cyrkulacji (antycyklonalny, cyklonalny i tzw. nieokreślony-zeroowy) wyznaczany jest przez porównanie wielkości ciśnienia atmosferycznego w Polsce w danym dniu w stosunku do wieloletniego średniego ciśnienia w odpowiednim miesiącu. Z kolei kierunek cyrkulacji wyznaczony jest na podstawie wskaźnika cyrkulacji strefowej i południkowej dla obszaru ograniczonego przez równoleżniki 40° N i 65° N oraz południki 0° i 35° E (pośrodku tego obszaru znajduje się Polska). Wskaźnik cyrkulacji Lityńskiego ma ostatecznie postać określonego kierunku napływu masy powietrza z indeksem oznaczającym charakter cyrkulacji (sytuację baryczną) np. NEa oznacza cyrkulację z północnego-wschodu antycyklonalną. Klasyfikacja Lityńskiego wyróżnia w sumie 27 typów cyrkulacji. Obejmują one po 8 cyklonalnych, antycyklonalnych i zerowych dla danego napływu mas powietrza (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) oraz 3 typy bez zidentyfikowanego napływu mas powietrza - zerowy cyklonalny 0c (centrum niżu), zerowy siodłowy 0o oraz zerowy antycyklonalny 0a (centrum wyżu).

Kierunki napływu mas powietrza dla 731 dni z lat 2015-2016 (bez podziału na cyklonalne, antycyklonalne i zerowe), przedstawiono na rys. 3.2-1 –linia niebieska.

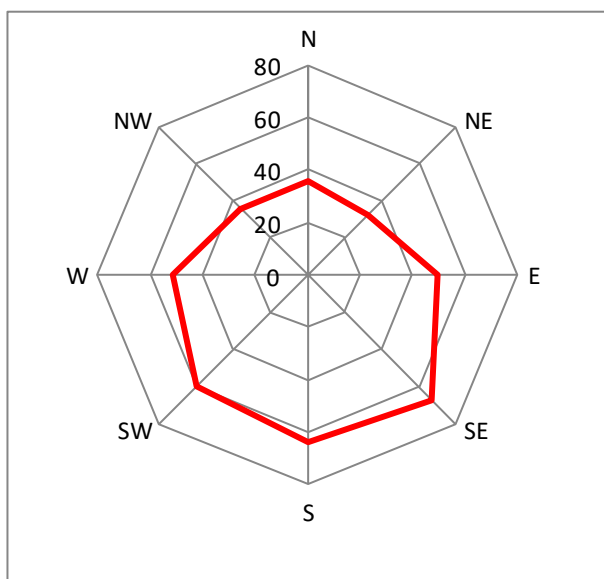


Rysunek 3.1-1. Kierunki napływu mas powietrza nad Polskę w latach 2015 i 2016.

Wśród kierunków napływu dominuje kierunek NW (114 dni) i W (101 dni). Częstość napływu mas powietrza z określonego kierunku w dniach, w których przynajmniej na jednym

stanowisku w Polsce wystąpiło stężenie pyłu PM₁₀ wyższe od 75 µg/m³, obrazuje linia czerwona na wykresie. Wysokie stężenia PM₁₀ występowały najczęściej przy napływie z południowego zachodu (55 dni), zachodu (52 dni) oraz południowego wschodu (50 dni), najrzadziej przy napływie z północnego wschodu NE (20 dni). W latach 2015-2016 w ciągu 367 spośród 731 dni, stężenie PM₁₀ przynajmniej na jednej stacji pomiarowej w Polsce przekraczało poziom graniczny epizodu – 75 µg/m³. Średnio w roku liczba dni, w których na żadnej stacji w Polsce stężenie nie było wyższe od 75 µg/m³ jest zatem o 3 dni mniejsza od liczby dni z przekroczeniami tej wartości.

Wysokie stężenia PM₁₀, przewyższające 75 µg/m³, występują przy napływie mas powietrza z każdego kierunku (Rys. 3.2-2). Analiza częstości występowania wysokich stężeń przy napływie mas powietrza z poszczególnych kierunków wskazuje, że największy odsetek dni z wysokimi stężeniami występuje podczas napływu powietrza z kierunku południowo-wschodniego. W 67% dni z napływem z kierunku SE w Polsce notowane są stężenia przewyższające poziom graniczny epizodu – 75 µg/m³. Niewiele mniejszy odsetek dni z wysokimi stężeniami (64%) ma miejsce przy napływie z kierunku S. Najmniejszy odsetek dni z wysokimi stężeniami występuje przy napływie z kierunków północnych, a w szczególności z kierunku NE (33%).

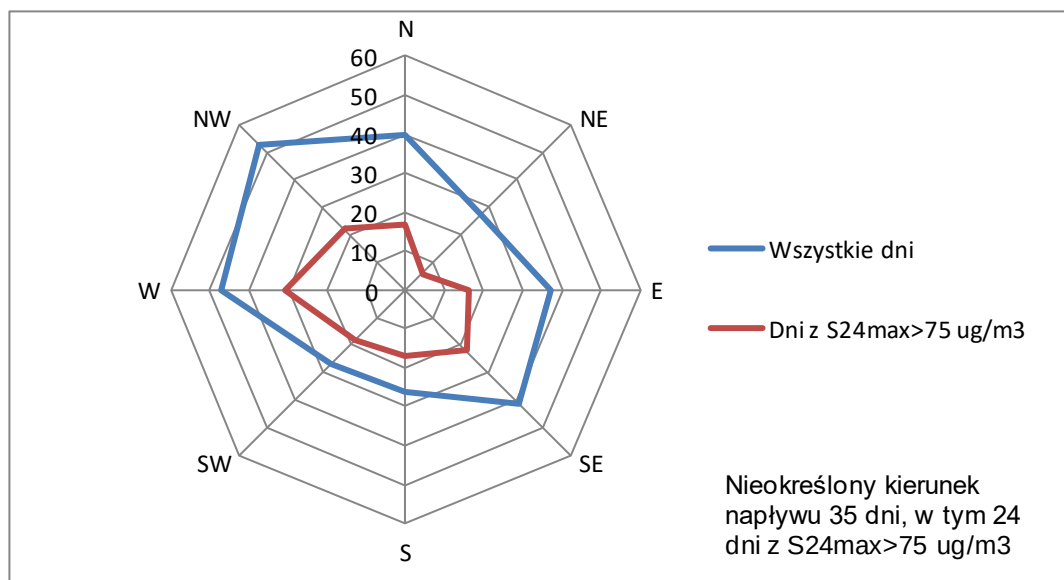


Rysunek 3.1-2. Udział procentowy dni, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce stężenia 24-godz. PM₁₀ przekroczyły poziom 75 µg/m³, oddzielnie dla każdego z 8 kierunków napływu mas powietrza nad Polskę w latach 2015 i 2016.

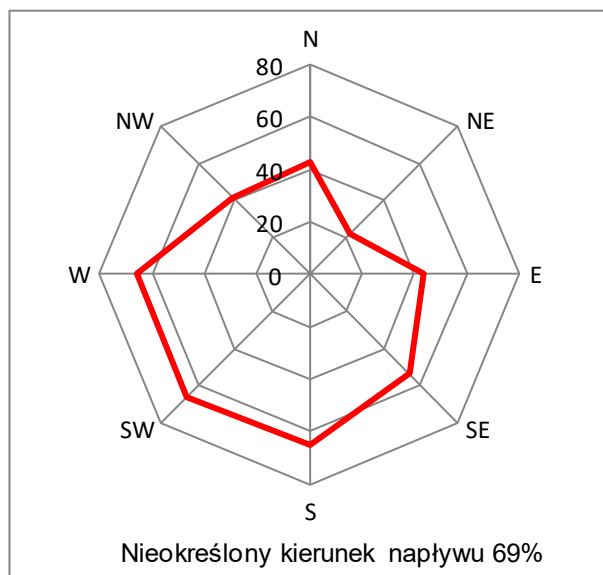
Tabela 3.1-1. Zestawienie częstości występowania poszczególnych typów cyrkulacji (dla wszystkich kierunków napływu) w Polsce w latach 2015 i 2016.

Cyrkulacja	Wszystkie dni		Dni z S24max>75	
	Liczba dni	%	Liczba dni	%
Cyklonalna	191	26	90	25
Antycyklonalna	333	46	173	47
Zerowa	207	28	104	28

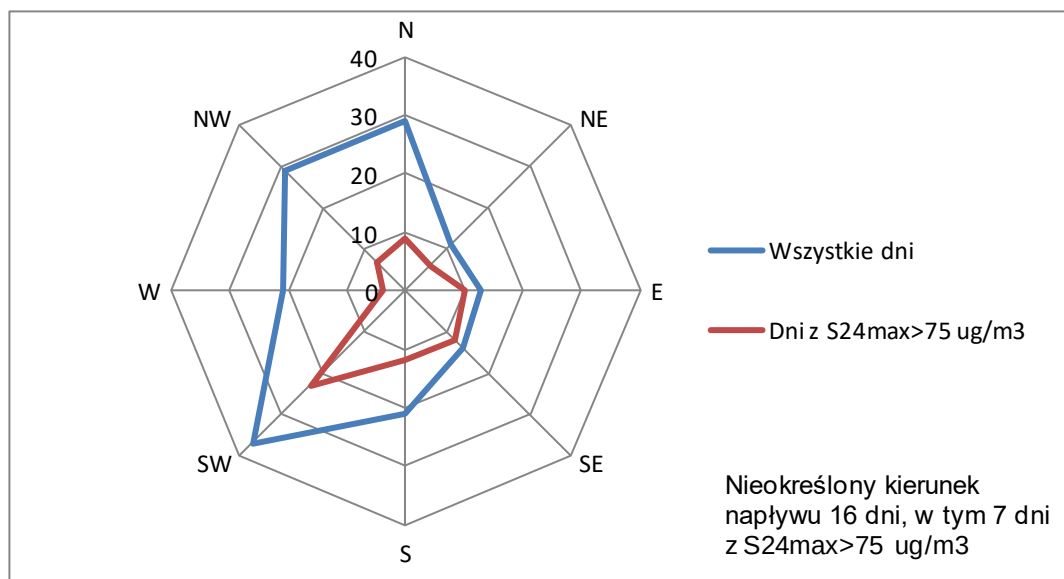
Zgodnie z klasyfikacją Lityńskiego, w latach 2015 i 2016 w Polsce najczęściej występowała cyrkulacja antycyklonalna (46% dni) (tab. 3.2-1). Wysokie stężenia PM10 występowały w kraju przy wszystkich typach cyrkulacji, najczęściej przy cyrkulacji antycyklonalnej (47% dni z $S_{24max} > 75 \mu g/m^3$).



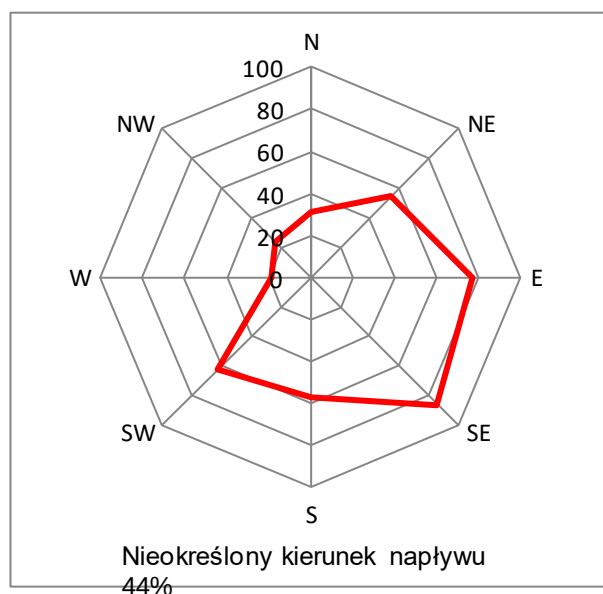
Rysunek 3.1-3. Róża typów cyrkulacji antycyklonalnych według Lityńskiego dla wszystkich dni (niebieska linia) oraz dla dni, w których maksimum ze stężeń dobowych PM10 w kraju przekraczało poziom $75 \mu g/m^3$ (czerwona linia). Lata 2015 i 2016. Jednostka – dni.



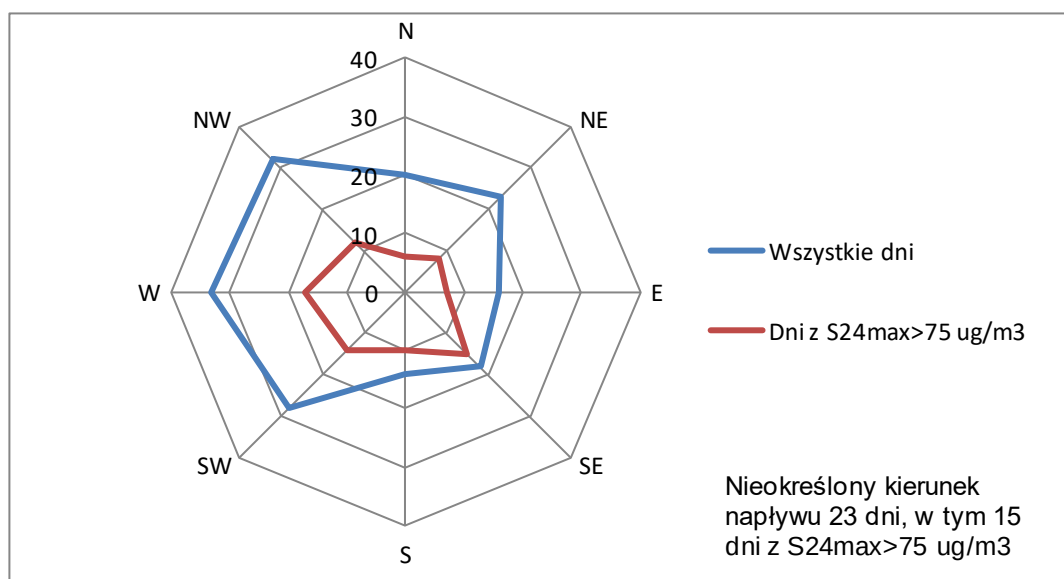
Rysunek 3.1-4. Udział procentowy dni w latach 2015 i 2016, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce stężenia 24-godz. PM10 przekroczyły poziom $75 \mu g/m^3$, oddzielnie dla każdego z 8 kierunków napływu mas powietrza nad Polskę przy cyrkulacji antycyklonalnej.



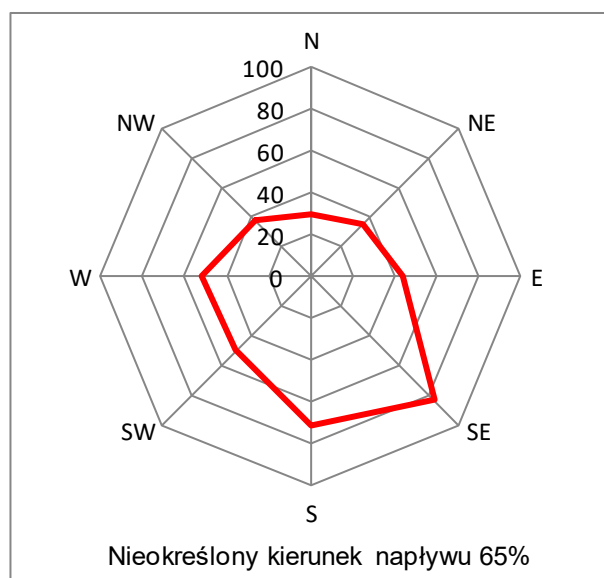
Rysunek 3.1-5. Róża typów cyrkulacji cyklonalnych według Lityńskiego dla wszystkich dni (niebieska linia) oraz dla dni, w których maksimum ze stężeń dobowych PM10 w kraju przekraczało poziom 75 µg/m³ (czerwona linia). Lata 2015 i 2016. Jednostka – dni.



Rysunek 3.1-6. Udział procentowy dni w latach 2015 i 2016, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce stężenia 24-godz. PM10 przekroczyły poziom 75 µg/m³, oddzielnie dla każdego z 8 kierunków napływu mas powietrza nad Polskę przy cyrkulacji cyklonalnej.



Rysunek 3.1-7. Róża typów cyrkulacji zerowych według Lityńskiego dla wszystkich dni (niebieska linia) oraz dla dni, w których maksimum ze stężeń dobowych PM₁₀ w kraju przekraczało poziom 75 µg/m³ (czerwona linia).
 Lata 2015 i 2016. Jednostka – dni.



Rysunek 3.1-8. Udział procentowy dni w latach 2015 i 2016, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce stężenia 24-godz. PM₁₀ przekroczyły poziom 75 µg/m³, oddzielnie dla każdego z 8 kierunków napływu mas powietrza nad Polskę przy cyrkulacji zerowej.

Wysokie stężenia PM₁₀, przewyższające 75 µg/m³, występują przy każdym typie cyrkulacji (Rys. 3.2-3- rys. 3.2-8). Analiza częstości występowania wysokich stężeń dla każdego z 27 typów cyrkulacji wskazuje, że największy odsetek dni z wysokimi stężeniami występuje przy napływie powietrza z kierunku południowo-wschodniego (SE), podczas cyrkulacji cyklonalnej i zerowej. Oznacza to, że wystąpienie typu cyrkulacji SEc i SE0 w sezonie chłodnym wiąże się z dużym prawdopodobieństwem wystąpienia wysokich stężeń PM₁₀ w kraju. Niewiele mniejszy odsetek dni z wysokimi stężeniami ma miejsce przy cyrkulacji cyklonalnej i napływie

ze wschodu (Ec). Najmniejszy odsetek (19%) dni z wysokimi stężeniami występuje przy cyrkulacji Wc.

Przedstawione informacje zostały przygotowane na podstawie zestawienia dobowych typów cyrkulacji dla Polski wg klasyfikacji Lityńskiego, obliczonych programem przygotowanym przez Krystynę Pianko-Kluczyńską (Centrum Monitoringu Klimatu Polski, IMGW-PIB) (Pianko-Kluczyńska, 2007).

3.2. Stężenie pyłu PM10 w latach 2015-2016

Na poziom stężenia pyłu PM10 w powietrzu wpływ mają przede wszystkim wielkość emisji pyłu i jego prekursorów, warunki wprowadzania zanieczyszczeń do powietrza (wysokość punktu emisji nad poziomem terenu), położenie źródeł emisji w stosunku do położenia stacji pomiarowej, warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń związane przede wszystkim z warunkami meteorologicznymi, ale także z ukształtowaniem i zagospodarowaniem terenu. Od warunków meteorologicznych zależy też wielkość emisji (np. z ogrzewania budynków), a także intensywność procesów powstawania w atmosferze i usuwania z niej (np. przez wymywanie) zanieczyszczeń. Warunki meteorologiczne warunkują transport i rozpraszanie się zanieczyszczeń w kierunku poziomym, jak i rozpraszanie zanieczyszczeń w kierunku pionowym.

W efekcie nakładania się zmian warunków meteorologicznych i wywołanych przez nie zmian w emisji pyłu, na zmiany emisji zanieczyszczeń wynikające z innych przyczyn (np. dobowy i tygodniowy cykl zmienności emisji zanieczyszczeń z komunikacji, dobowy i tygodniowy, roczny cykl zmienności emisji zanieczyszczeń z procesów technologicznych, sezonowy i zależny od temperatury powietrza cykl zmienności emisji zanieczyszczeń z ogrzewania budynków, itd.), stężenia pyłu PM10 na każdej stacji zmieniają się w dużym zakresie. Bardzo często charakter zmian stężeń w czasie jest bardzo podobny dla dużych obszarów kraju i wielu stacji. Jest to związane, między innymi, ze skalą przestrzenną zjawisk pogodowych kształtujących warunki dyspersji zanieczyszczeń i w konsekwencji poziom zanieczyszczenia powietrza.

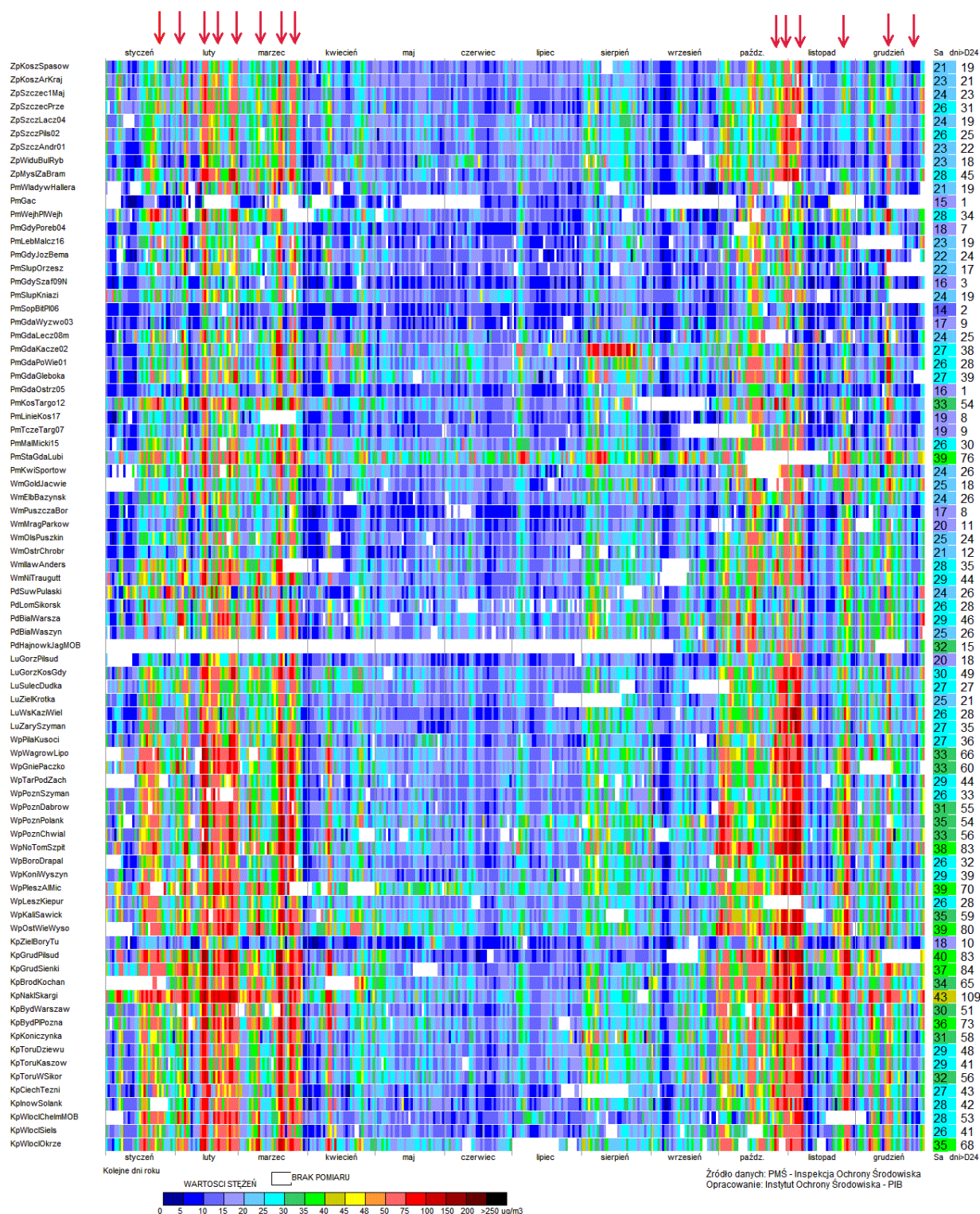
Rok 2015

W 2015 r. najwyższe stężenia PM10 w Polsce notowane były w lutym, marcu i na przełomie października i listopada. W marcu miał miejsce ponadregionalny epizod (typu I) wysokich stężeń PM10: w dniach 19-21 marca 2015 r. W dniu 20 marca 2015 r. stężenia 24-godz. PM10 przekraczały poziom percentyla S95 z rocznych serii pomiarów dobowych na więcej niż 75% stacji pomiarowych (79%). Zbliżony do granicznej wartości procent przekroczeń miał miejsce dodatkowo w dniu 4.11.2015 r., w którym poziom percentyla S95 przekroczony był na 74.9 stacji w Polsce.

Na rysunkach 3.3-1a - 3.3-1c przedstawiono przebiegi 24-godzinnych stężeń pyłu PM10, zmierzonych w roku 2015 na stacjach PMŚ w Polsce. Na rysunkach, dla każdego stanowiska każdy wynik pomiaru stężenia dobowego oznaczony jest kolorową kreską, której kolor zależy od wysokości stężenia (zgodnie ze skalą kolorów pokazaną na dole rysunków). Różnymi odcieniami koloru czerwonego zaznaczono wartości stężeń przekraczające $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Miejsce puste, bez kolorowego paska, oznaczają, że dla tego dnia nie ma wyniku pomiaru. Po prawej stronie rysunku podane jest dla każdego stanowiska stężenie średnie roczne i liczba dni z przekroczeniami poziomu dopuszczalnego $\text{D}_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

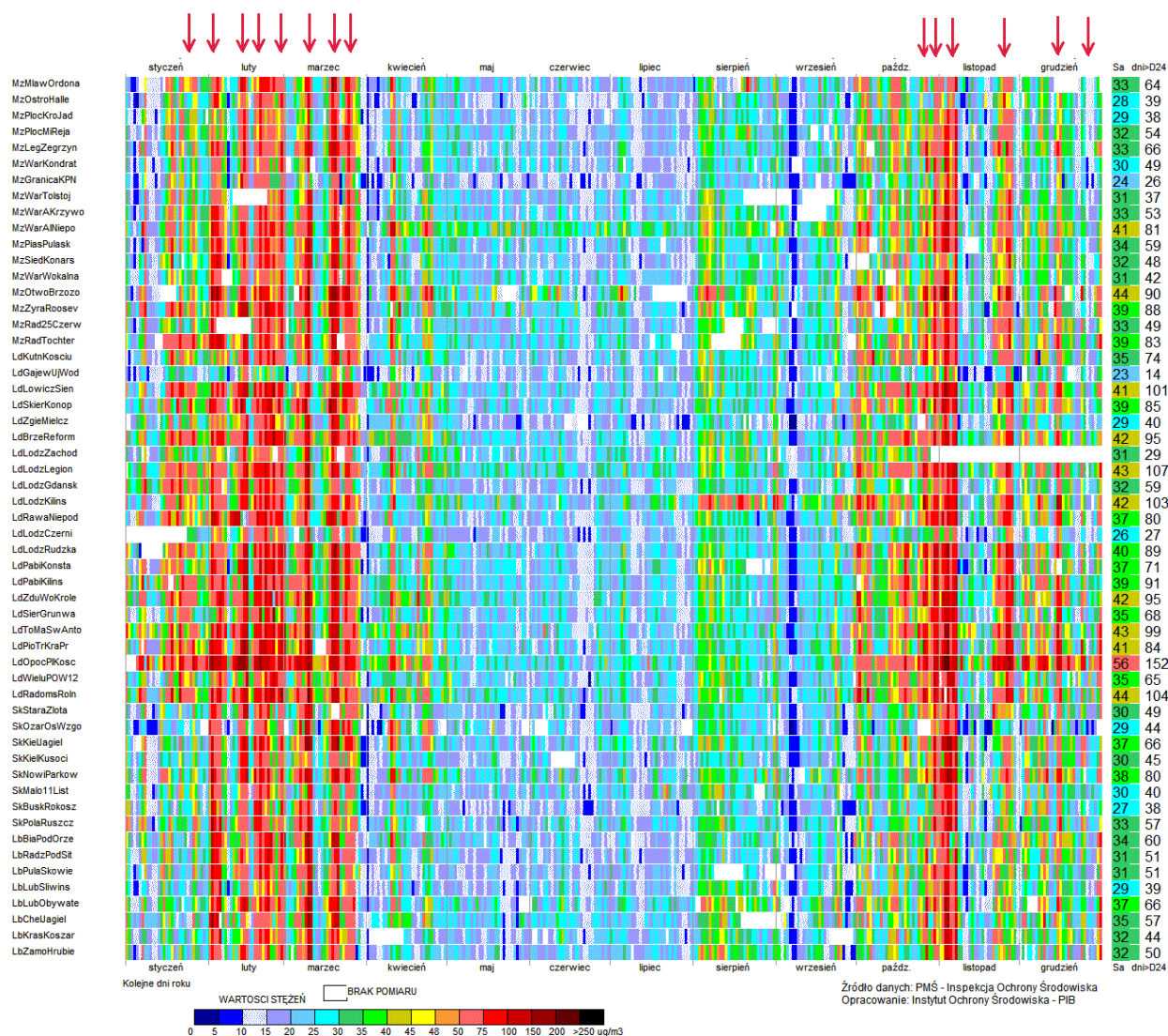
Na rysunkach, na górnej osi czasu, strzałkami zaznaczono dni referencyjne każdego z omawianych w pracy epizodów. Dla 2015 wydzielono 14 epizodów i dodatkowo jeden epizod na przełomie 2015 i 2016 r. Czas trwania epizodów wynosił od 2 do 7 dni, w niektórych przypadkach epizody następowały bezpośrednio po sobie.

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap II. Epizody z lat 2015-2016



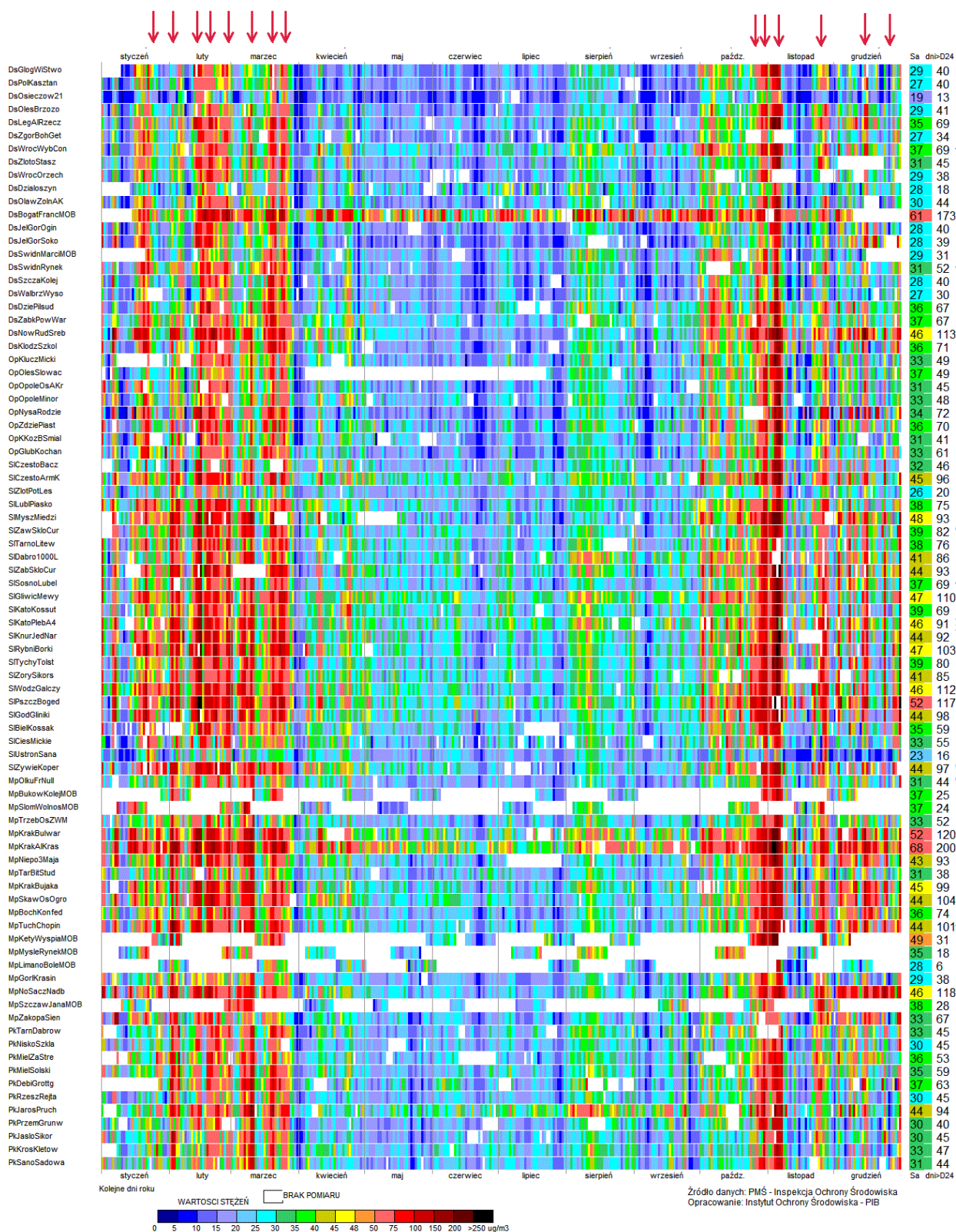
Rysunek 3.2-1a. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2015 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w stacji stanowią skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap II. Epizody z lat 2015-2016



Rysunek 3.2-1b. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2015 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap II. Epizody z lat 2015-2016



Rysunek 3.2-1c. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2015 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

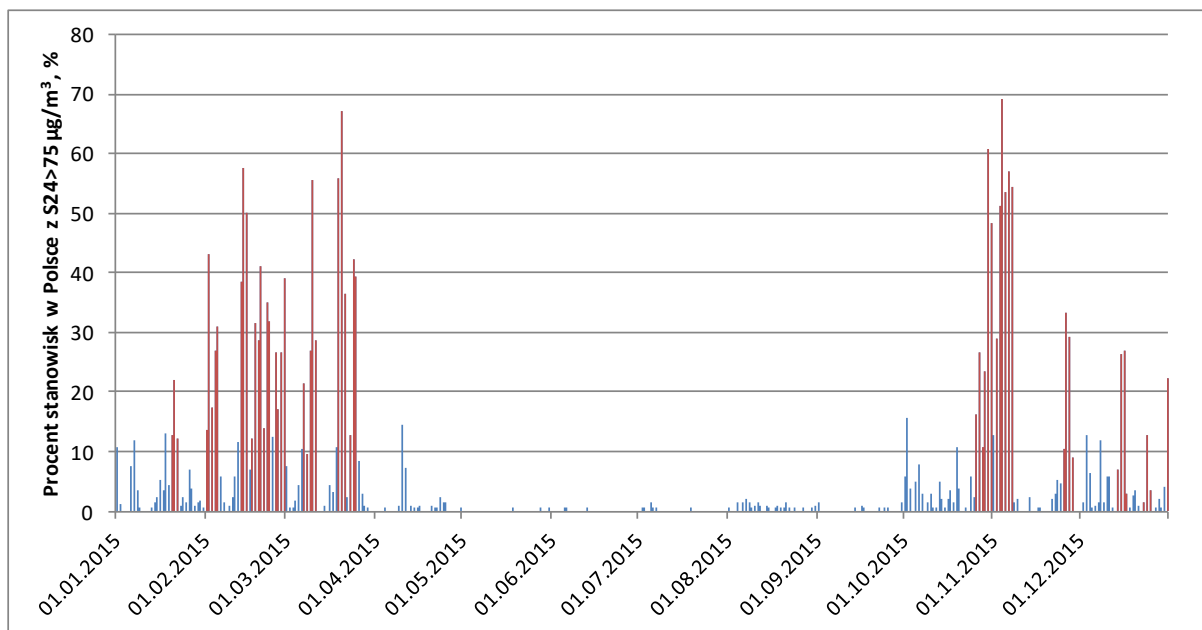
W 2015 r. wysokie stężenia pyłu PM10 na większości stanowisk notowane były przez wiele dni w pierwszym kwartale roku oraz na przełomie października i listopada. W dalszej części IV kwartału wysokie stężenia PM10 występowały znacznie rzadziej niż w okresie 24.10 – 7.11.2015 r.

W sezonie grzewczym, a w szczególności w lutym, marcu, a także w ostatnim tygodniu października i w pierwszym tygodniu listopada, w niektóre dni, stężenie $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczane było na przeszło 80% stanowisk pomiarowych w kraju, a poziom epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekraczany nawet na przeszło 60% stanowisk (rys. 3.3-2).

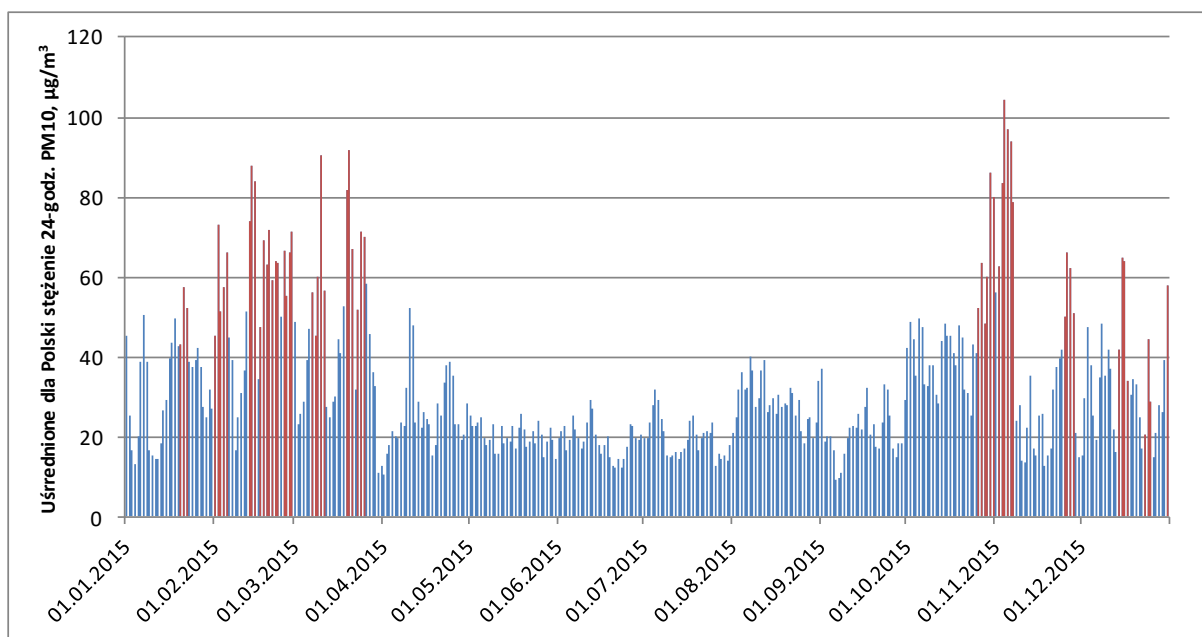
W sezonie letnim, jeżeli nawet wystąpiły przekroczenia $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lub $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, to zwykle na niewielkiej liczbie stanowisk (rys. 3.2-2.). W IV kwartale epizodami wysokich stężeń PM10 objętych było mniej dni niż I kwartale 2015 r.

W 2015 r. najwyższe stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w kraju ($104 \mu\text{g}/\text{m}^3$) uzyskano w dniu 4 listopada (rys. 3.3-3). W tym dniu stężenia dobowe przekraczały dozwolone $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na ok. 87% stanowisk pomiarowych w kraju, a stężenie $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 69% stacji. Był to kulminacyjny dzień epizodu wysokich stężeń z okresu 2-7.11.2015 r. Tego dnia tylko na północy i północnym wschodzie Polski stężenia nie przekraczały progu epizodu. W 13 województwach, na przeszło 140 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu. Na 74.9% stacji stężenia w tym dniu przekraczały poziom percentyla 95 z rocznej serii pomiarowej. Oznacza to, że stężenia PM10 w tym dniu były bliskie spełnienia kryteriów określonych dla epizodu ponadregionalnego typu I. W 6 województwach przekroczony był poziom informowania, w woj. śląskim, w Pszczynie, stężenie PM10 przekroczyło poziom alarmowy. W Czechach na 50 stanowiskach notowane były stężenia PM10 wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w Niemczech na 5 stacjach komunikacyjnych i przemysłowych.

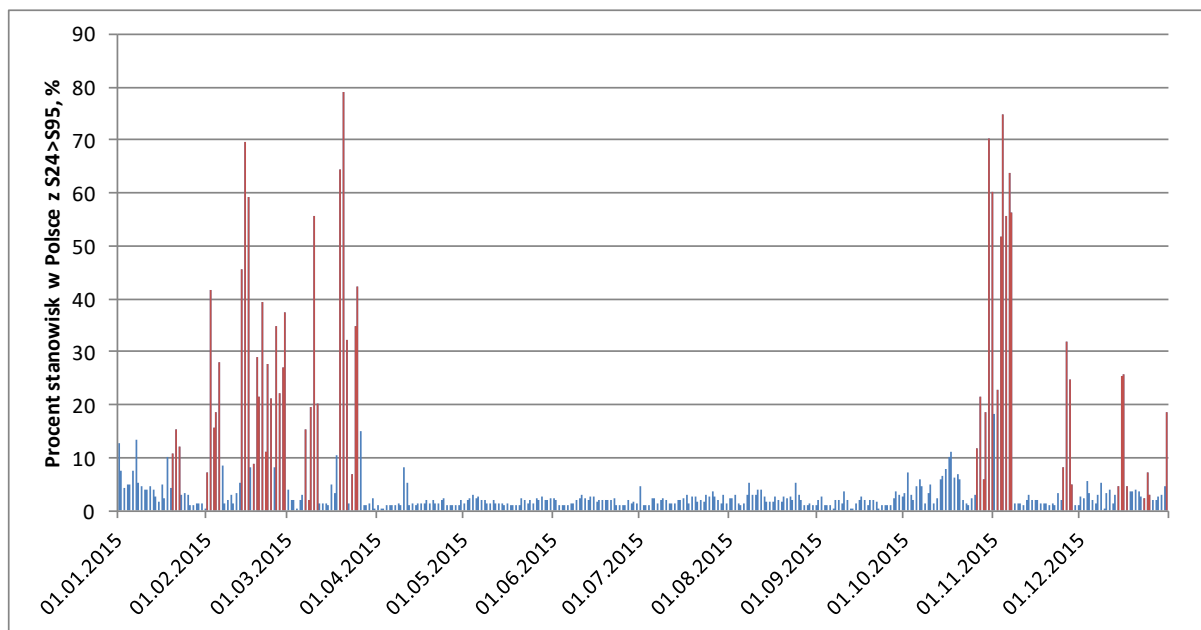
W okresach z podwyższonymi stężeniami PM10 przekroczenia poziomu dopuszczalnego ($D24=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i poziomu epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) występowały nieraz na większości obszaru Polski, na dużej liczbie stacji. Najwięcej przypadków przekroczeń poziomu dopuszczalnego w całym 2015 r. wystąpiło w dniu 20.03.2015 r. W tym dniu przekroczenie poziomu $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zarejestrowano na 94% stacji, stężenia $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 67% stacji. Na 79% stacji stężenia dobowe PM10 przekraczały poziom percentyla S95 (rys. 3.3-4), co oznacza, że tego dnia spełnione były kryteria określone dla epizodu typu I (epizod ponadregionalny). Tylko w tym jednym dniu w 2015 r. spełnione było ww. kryterium. Wysokie stężenia, przekraczające poziom epizodu, notowane były na wielu stacjach we wszystkich województwach. Najwyższe stężenia, przekraczające $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były w 6 województwach południowej i centralnej Polski. Tylko na 6% stanowisk pomiarowych w Polsce stężenia dobowe PM10 były mniejsze od wartości dopuszczalnej $D24=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenie dobowe na stacjach tła miejskiego i podmiejskiego wystąpiło w Otwocku k. Warszawy ($190 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Myszkowie w woj. śląskim ($186 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Rysunek 3.2-2. Procent stanowisk w Polsce ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od poziomu granicznego epizodu (75 µg/m³) w 2015 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.



Rysunek 3.2-3. Uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w Polsce stężenia 24-godz. PM10 w 2015 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.

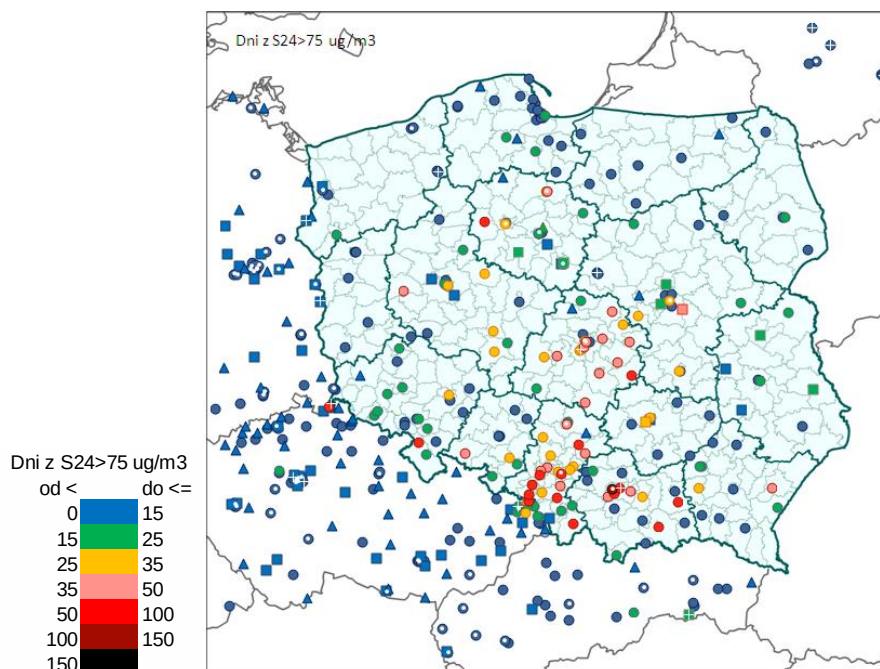


Rysunek 3.2-4. Procent stanowisk w Polsce ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od wartości percentyla S95 z rocznych serii wyników dobowych pomiarów stężeń PM10 w 2015 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.

Okresy z wysokimi stężeniami pyłu, rozdzielone były okresami z niższymi stężeniami, np. od 8 do 20 listopada 2015 r. (Rys. 3.3-1a - 3.3-1c).

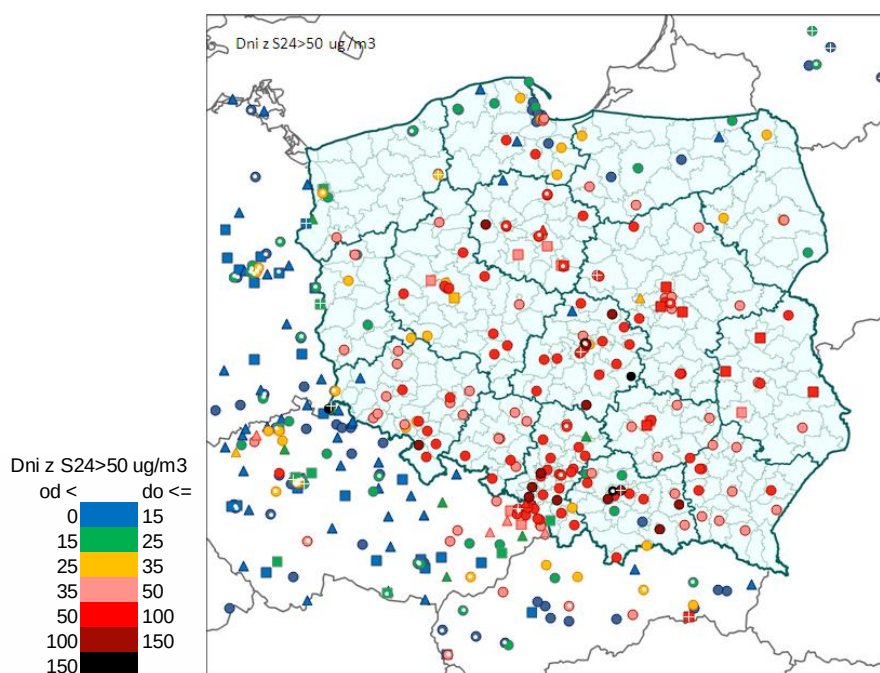
W 2015 r. stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (poziom graniczny epizodu) na więcej niż połowie polskich stacji monitoringu zanieczyszczenia powietrza w kraju wystąpiły w dniach: 14.02.2015, 10.03.2015, 19-20.03.2015, 30.10.2015, 3-7.11.2015.

W całym 2015 roku, najwięcej przypadków przekroczeń poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) miało miejsce na stacji komunikacyjnej w Krakowie (106), a na stacjach tła miejskiego – w Bogatyni w woj. dolnośląskim (89), Opocznie w woj. łódzkim (87) i Pszczynie w woj. śląskim (73) – rys. 3.3-5. Na 17 stanowiskach w 5 województwach (śląskie (8 stanowisk), małopolskie (5), łódzkie (1), kujawsko-pomorskie (1) i dolnośląskie (2)) wystąpiło więcej niż 50 dni ze stężeniem $S_{24}>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 3.3-4). Epizody wysokich stężeń PM10 najczęściej i w wielu miastach wystąpiły w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim. W województwach północnych, wschodnich i północno-zachodnich stężenia charakterystyczne dla epizodów występują znacznie rzadziej.



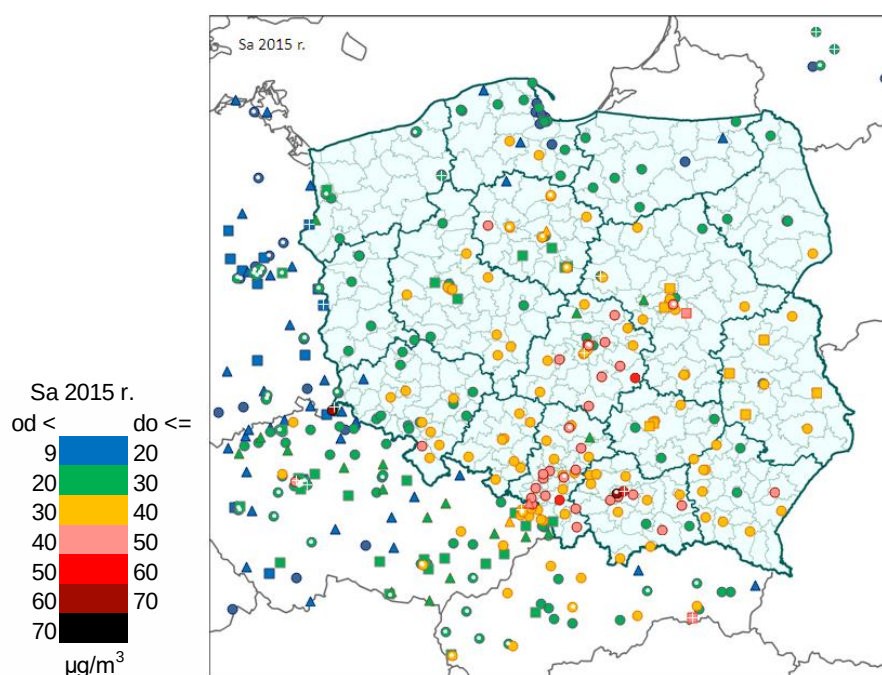
Rysunek 3.2-5. Liczba dni z zarejestrowanymi stężeniami 24-godz. PM10 wyższymi od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2015 r.

W 2015 roku, najwięcej przypadków przekroczeń poziomu dopuszczalnego $D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło: na stacji komunikacyjnej w Krakowie (201), oraz na stacjach tła miejskiego w Bogatyni w woj. dolnośląskim (177) i Opocznie (152). Na 17 stanowiskach w 5 województwach (śląskie (4 stanowiska), małopolskie (5), łódzkie (5), dolnośląskie (2), kujawsko-pomorskie (1)) wystąpiło więcej niż 100 dni ze stężeniem $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 3.3-6). Więcej niż 35 przypadków przekroczeń poziomu dopuszczalnego D_{24} zarejestrowano na 159 stacjach w Polsce (72%).



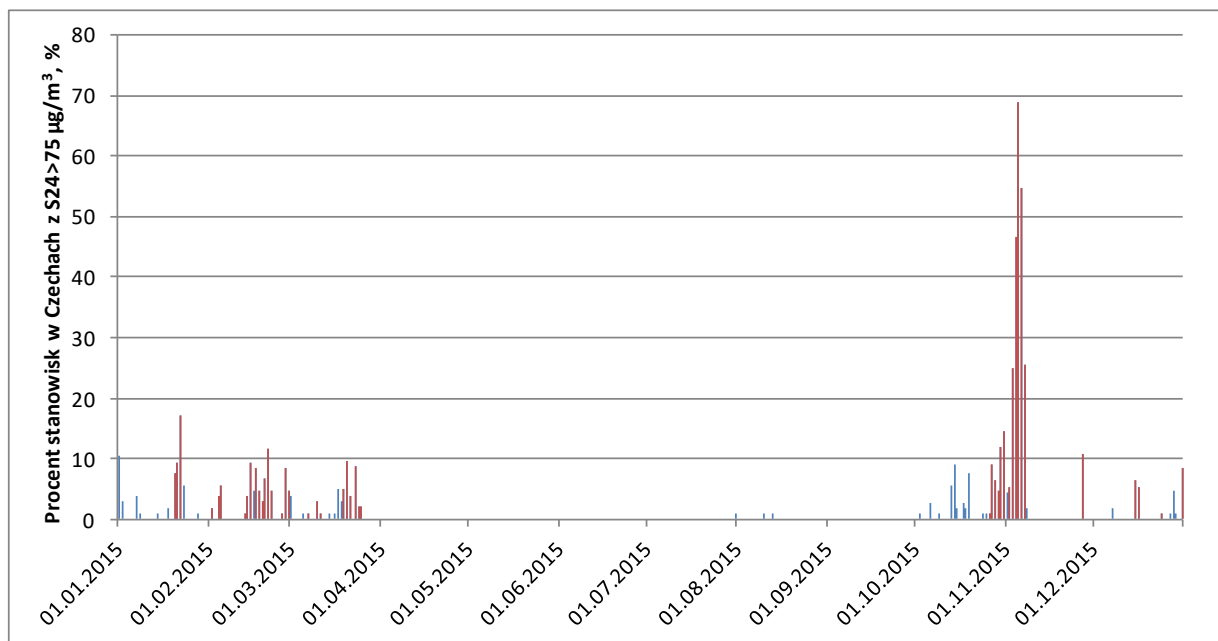
Rysunek 3.2-6. Liczba dni z zarejestrowanymi stężeniami 24-godz. PM10 wyższymi od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2015 r.

Najwyższe stężenie średnie roczne PM10 zarejestrowano na stacji komunikacyjnej w Krakowie ($68 \mu\text{g}/\text{m}^3$), oraz na stacjach tła miejskiego w Bogatyni w woj. dolnośląskim ($61 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Opocznie ($56 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 5 stanowiskach w 4 województwach (śląskie (1 stanowisko), małopolskie (2), łódzkie (1), dolnośląskie (1)) stężenie średnie roczne było wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 3.3-6). Poziom dopuszczalny ($\text{Da}=40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na 36 stacjach (17%) w 7 województwach. Na stacjach z przekroczeniem poziomu dopuszczalnego określonego dla stężeń średnich rocznych, z reguły przez wiele dni w roku (od 21 do 106) występują stężenia 24-godz. wyższe od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

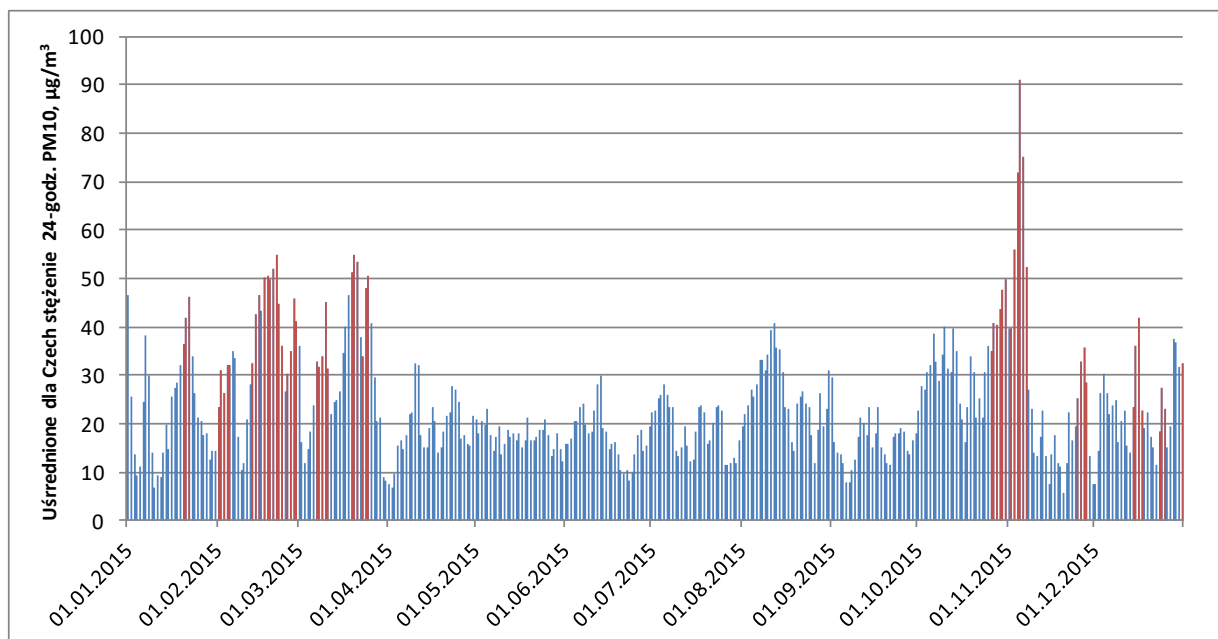


Rysunek 3.2-7. Stężenia średnie roczne PM10 w 2015 r.

Częstość występowania sytuacji epizodów wysokich stężeń PM10 na analizowanych obszarach krajów ościennych była niższa, niż w Polsce. W okresach, w których wystąpiły tam wysokie stężenia PM10, zaobserwowano wysokie stężenia pyłu również w Polsce. W roku 2015 we wszystkich krajach najbardziej rozległe epizody miały miejsce w pierwszym kwartale oraz na przełomie października i listopada (Rys. 3.3-8 - 3.3-11). Na rysunkach oznaczono kolorem czerwonym dni epizodów uwzględnionych w analizach zawartych w niniejszym opracowaniu.



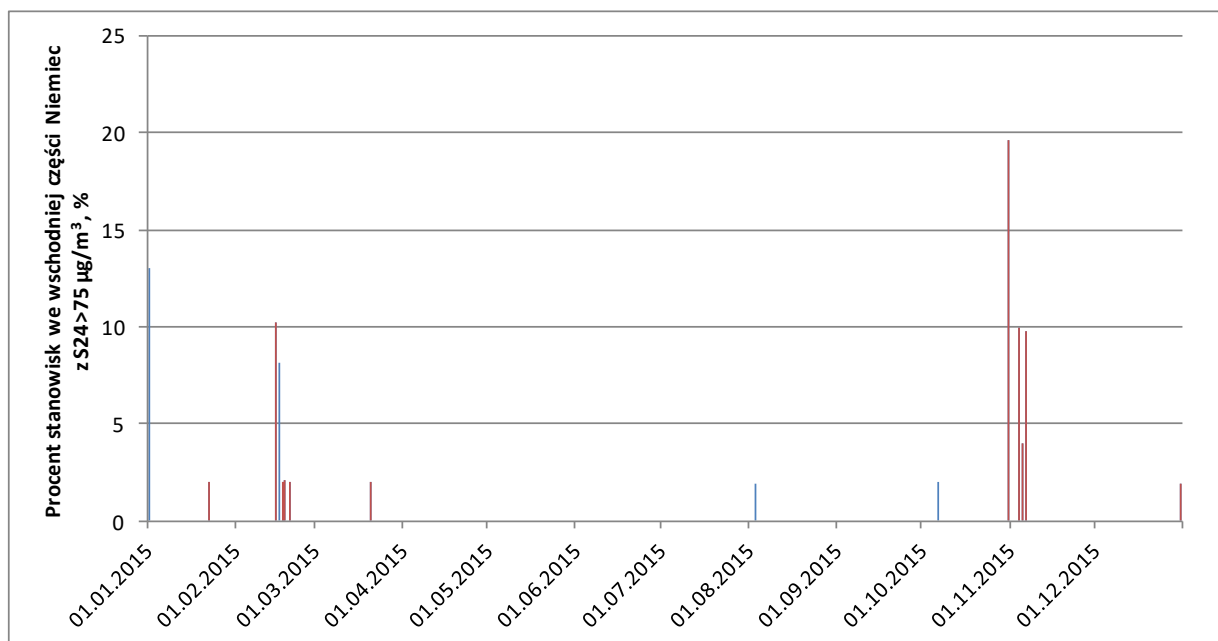
Rysunek 3.2-8. Procent uwzględnionych w analizie stanowisk w Czechach ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od poziomu granicznego epizodu (75 µg/m³) w 2015 r.



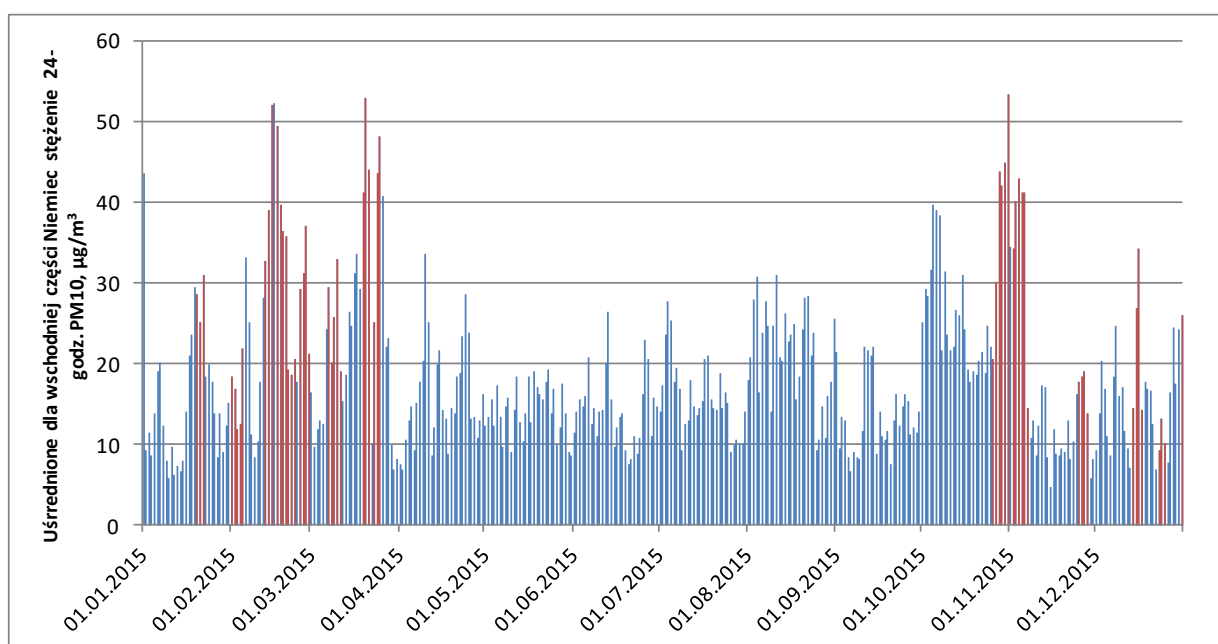
Rysunek 3.2-9. Uśrednione dla uwzględnionych w analizie stanowisk pomiarowych w Czechach stężenia 24-godz. PM10 w 2015 r.

Spośród analizowanych krajów ościennych, największy zasięg epizodów, a także najwyższe stężenia zarejestrowane na uwzględnionych stacjach pomiarowych, wystąpiły w Czechach. Z uwagi na niepełne serie z 2015 r. (szczególnie w drugiej połowie 2015 r.) ze Słowacji trudno jest o jednoznaczną ocenę intensywności i zasięgu epizodów z drugiej połowy 2015 r. w tym kraju.

Zarówno w Czechach, jak i w Niemczech najbardziej rozległy epizod, charakteryzujący się najwyższymi poziomami stężeń, zaobserwowano na przełomie października i listopada, z kulminacją w dniu 5 listopada w Czechach (rys. 3.3-8) i 31 października w Niemczech (rys. 3.3-10).



Rysunek 3.2-10. Procent uwzględnionych w analizie stanowisk w Niemczech ze stężeniem 24-godz. PM₁₀ wyższym od poziomu granicznego epizodu (75 µg/m³) w 2015 r.



Rysunek 3.2-11. Uśrednione dla uwzględnionych w analizie stanowisk pomiarowych w Niemczech stężenia 24-godz. PM₁₀ w 2015 r.

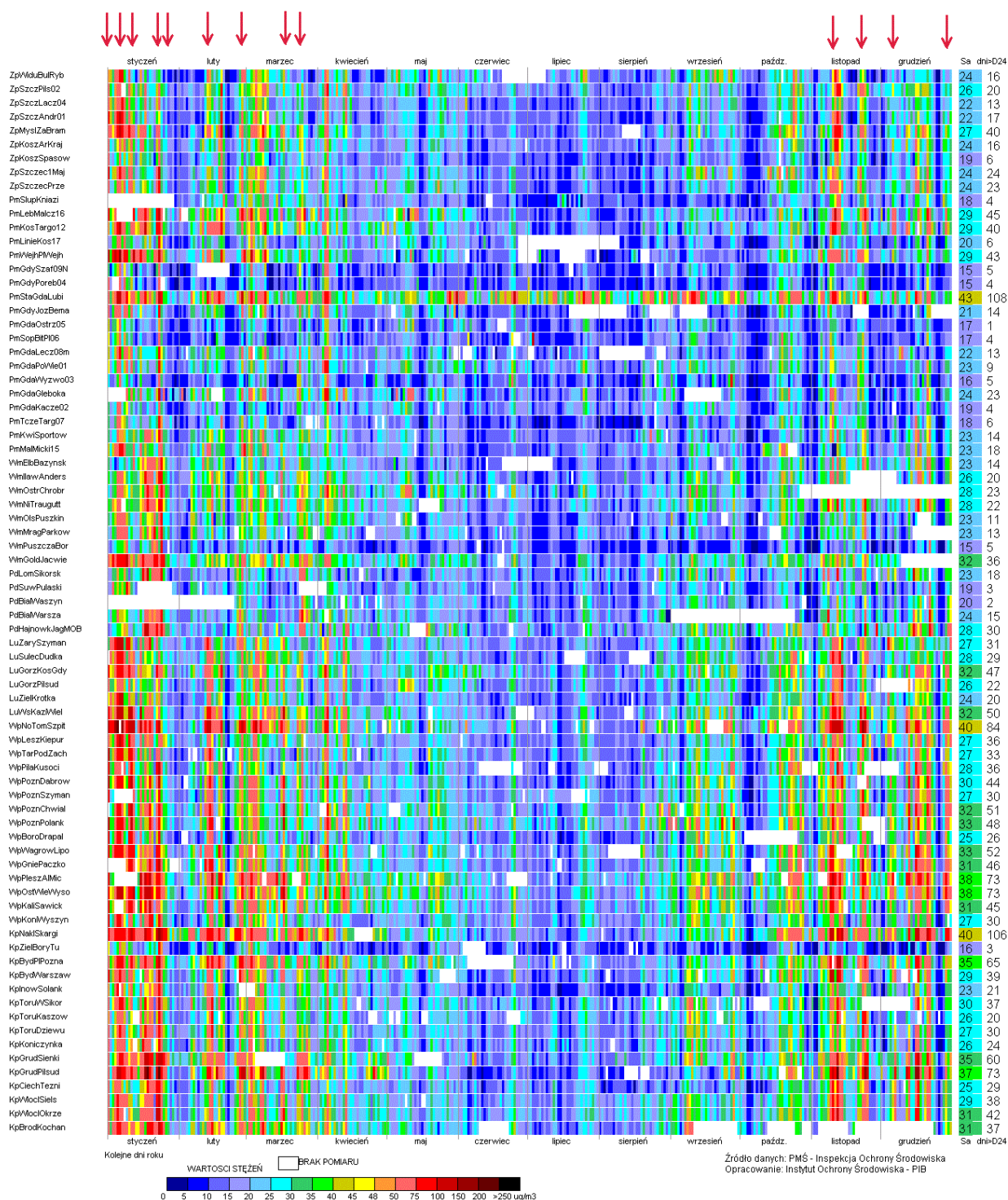
Więcej informacji na temat stężenia pyłu PM10, a także innych normowanych zanieczyszczeń, w 2015 r., można znaleźć w raporcie „Jakość powietrza w Polsce w 2015 r. w świetle wyników pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska”, opublikowanym na Portalu Jakości Powietrza Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ, 2016).

Rok 2016

W 2016 r. najwyższe stężenia PM10 notowane były w styczniu. W tym miesiącu wystąpiły dwa ponadregionalne epizody (typu I) wysokich stężeń PM10: w dniach 4-7 stycznia oraz 22-24 stycznia 2016 r. W ciągu 3 dni (5, 6 i 23 stycznia) stężenia 24-godz. przekraczały poziom percentyla S95 z rocznych serii pomiarów dobowych na więcej niż 75% stacji pomiarowych.

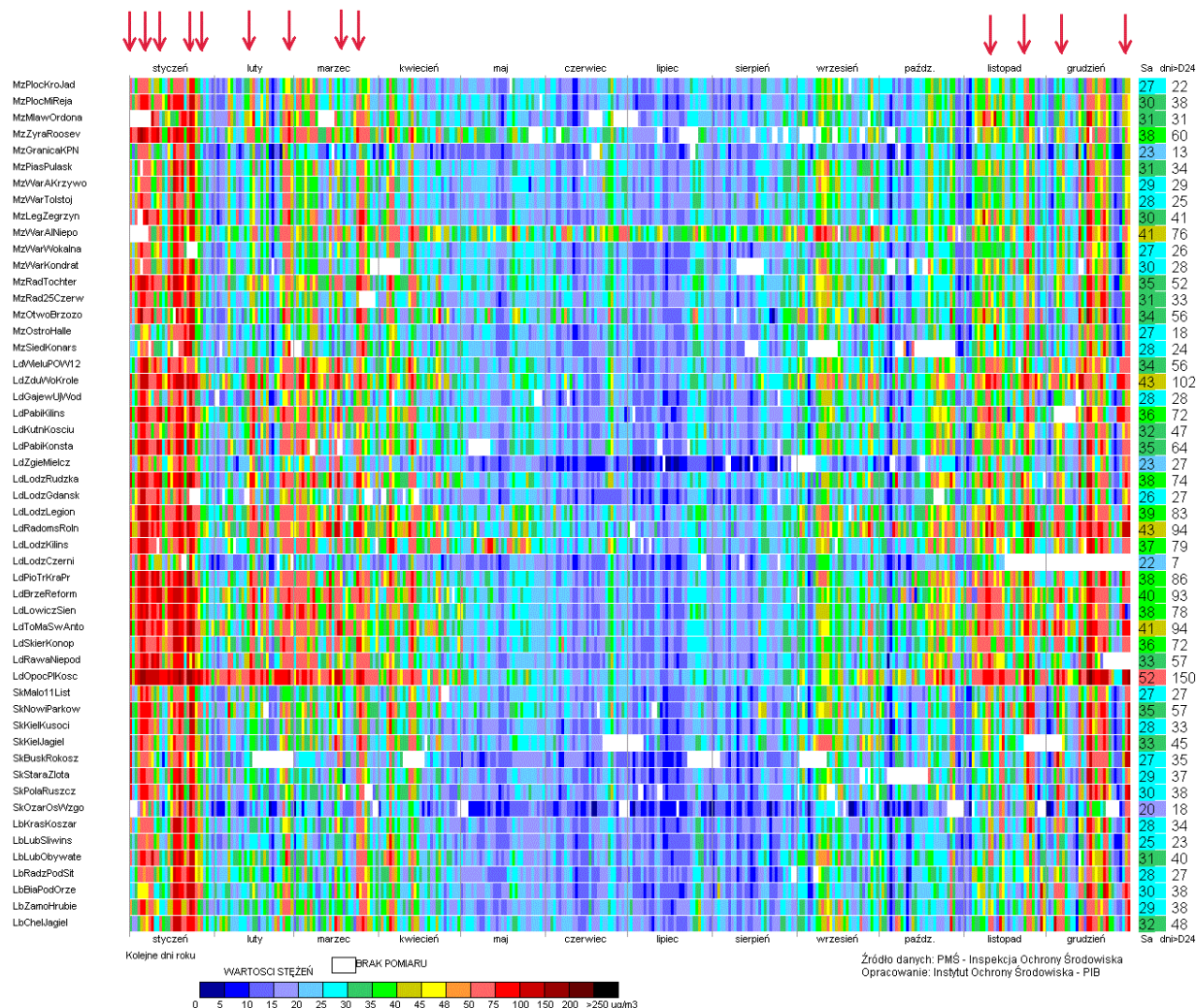
Na rysunkach 3.3-12a - 3.3-12c przedstawiono przebiegi 24-godzinnych stężeń pyłu PM10, zmierzonych w roku 2016 na stacjach pomiarowych w Polsce. Na rysunkach, dla każdego stanowiska każdy wynik pomiaru stężenia dobowego oznaczony jest kolorową kreską, której kolor zależy od wysokości stężenia (zgodnie ze skalą kolorów pokazaną na dole rysunków). Na górnej osi czasu, strzałkami zaznaczono dni referencyjne każdego z omawianych w pracy epizodów. Dla 2016 wydzielono 12 epizodów i dodatkowo jeden epizod na przełomie 2015 i 2016 r. Czas trwania epizodów wynosił od 2 do 4 dni, w niektórych przypadkach epizody następowały bezpośrednio po sobie.

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap II. Epizody z lat 2015-2016

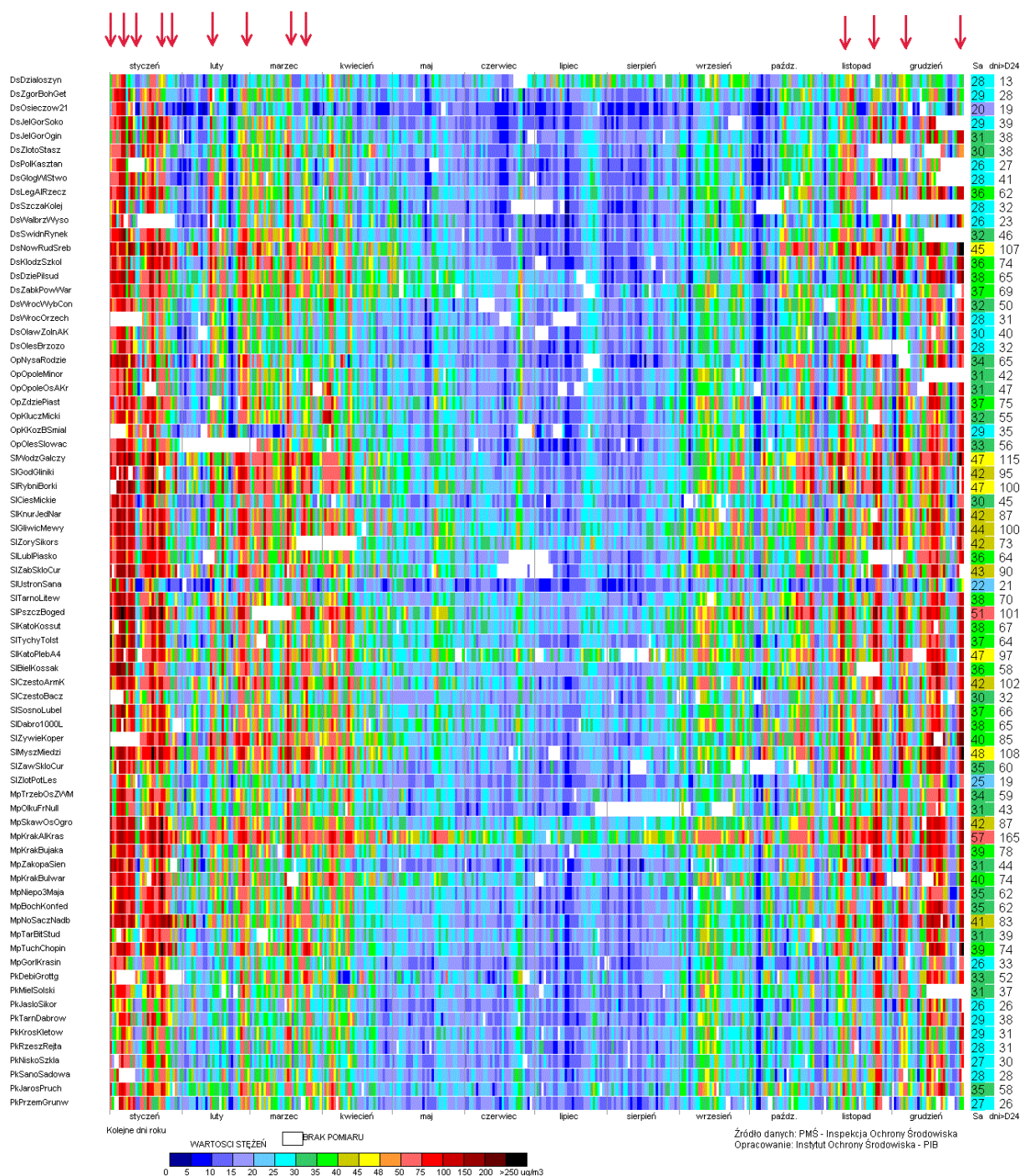


Rysunek 3.2-12a. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2016 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap II. Epizody z lat 2015-2016



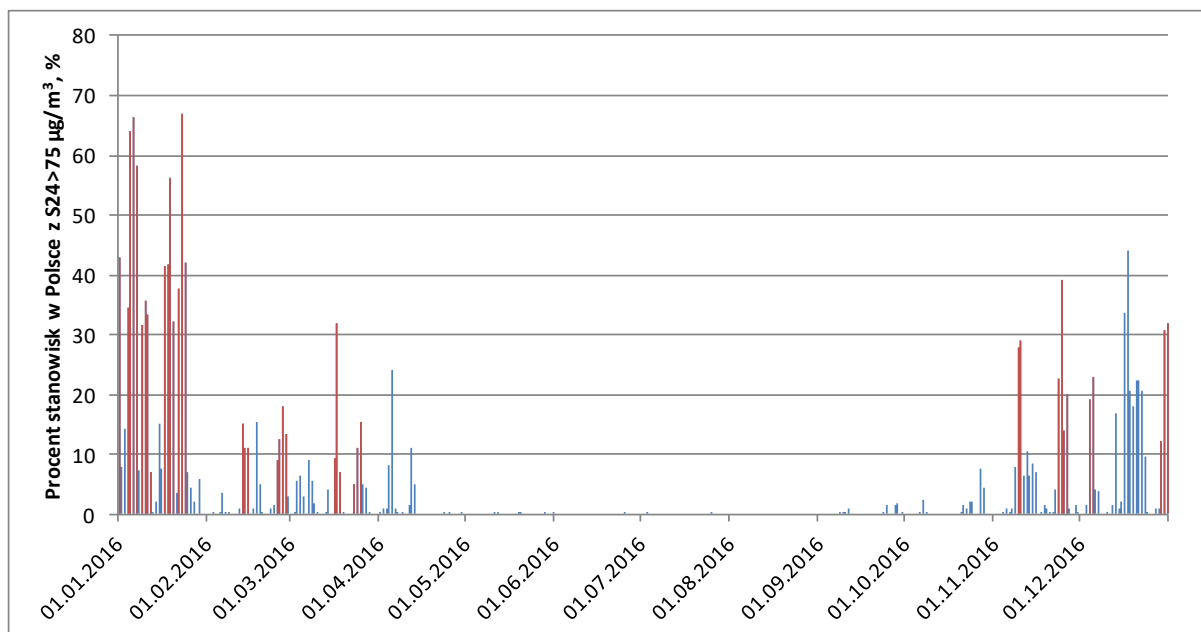
Rysunek 3.2-12b. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2016 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)



Rysunek 3.2-12c. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2016 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

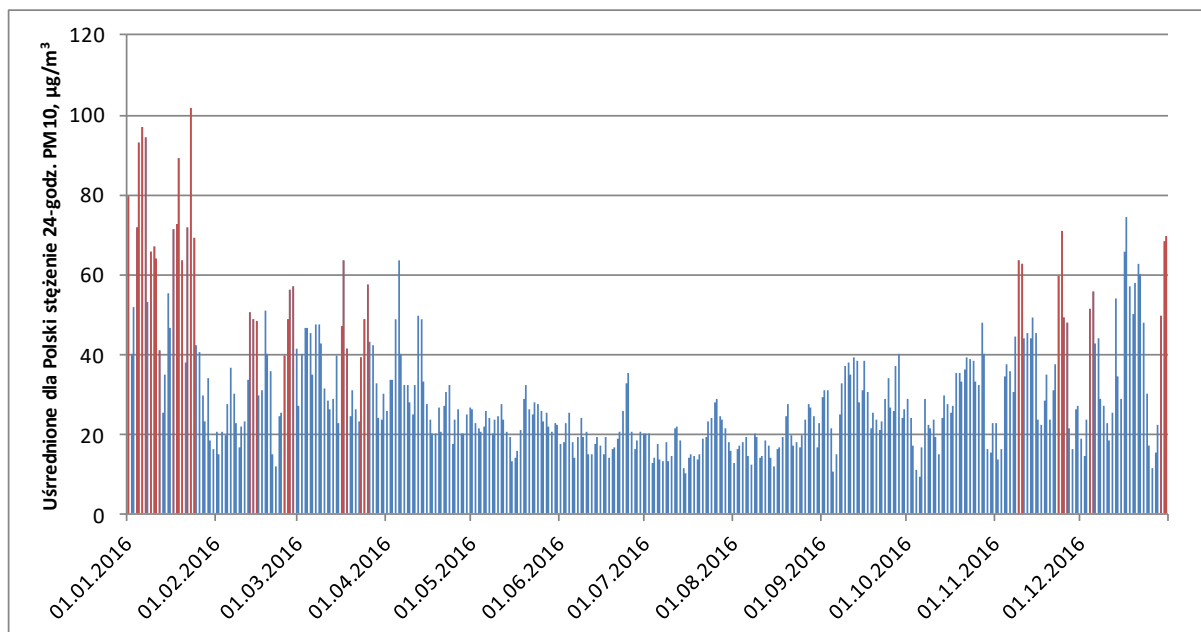
W 2016 r., podobnie jak w latach poprzednich, wysokie stężenia pyłu PM10 notowane były w sezonie chłodnym. W 2016 roku, w sezonie chłodnym, niekorzystne warunki meteorologiczne nad Polską utrzymywały się przez wiele dni, szczególnie często w styczniu 2016 r. W sezonie grzewczym, w niektóre dni, a w szczególności w styczniu, poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekraczany był na przeszło 50% stanowisk pomiarowych w kraju. W

sezonie letnim, jeżeli nawet wystąpiły przekroczenia $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, to zwykle na niewielkiej liczbie stanowisk (Rys. 3.3-13).

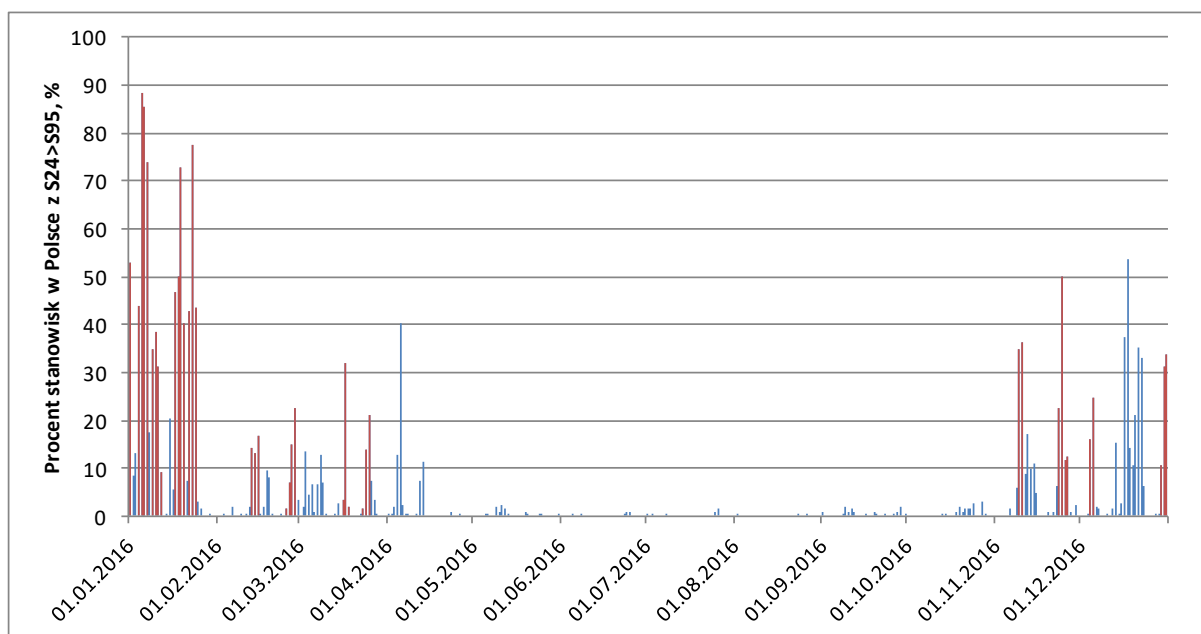


Rysunek 3.2-13. Procent stanowisk w Polsce ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w 2016 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.

W 2016 r. najwyższe stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w kraju ($102 \mu\text{g}/\text{m}^3$) uzyskano w dniu 23 stycznia (rys. 3.3-14). W tym dniu stężenia dobowe przekraczały dozwolone $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na ok. 92% stanowisk pomiarowych w kraju, a stężenie $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 67% stacji. Był to kulminacyjny dzień epizodu wysokich stężeń z okresu 22-24.01.2016 r. Obszar występowania wysokich stężeń obejmował większość terytorium kraju (z wyłączeniem woj. podlaskiego, części warmińsko-mazurskiego i zachodniopomorskiego). Na 78% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych (rys. 3.3-15). Oznacza to, że w tym dniu (23.01.2016 r.) spełnione były warunki określone dla epizodu ponadregionalnego (I typu). Poziom informowania przekroczony był na 7 stanowiskach, w tym na 5 stanowiskach tła miejskiego w woj. śląskim i małopolskim. Na dwóch stacjach wystąpiło przekroczenie poziomu alarmowego – w Pszczynie na stacji tła i w Krakowie na stacji komunikacyjnej. Stężenie maksymalne dla Polski, zarejestrowane na stacji w Pszczynie, wynosiło $392 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W Czechach poziom epizodu przekroczony był na 7 stacjach (w tym na 6 stacji tła).



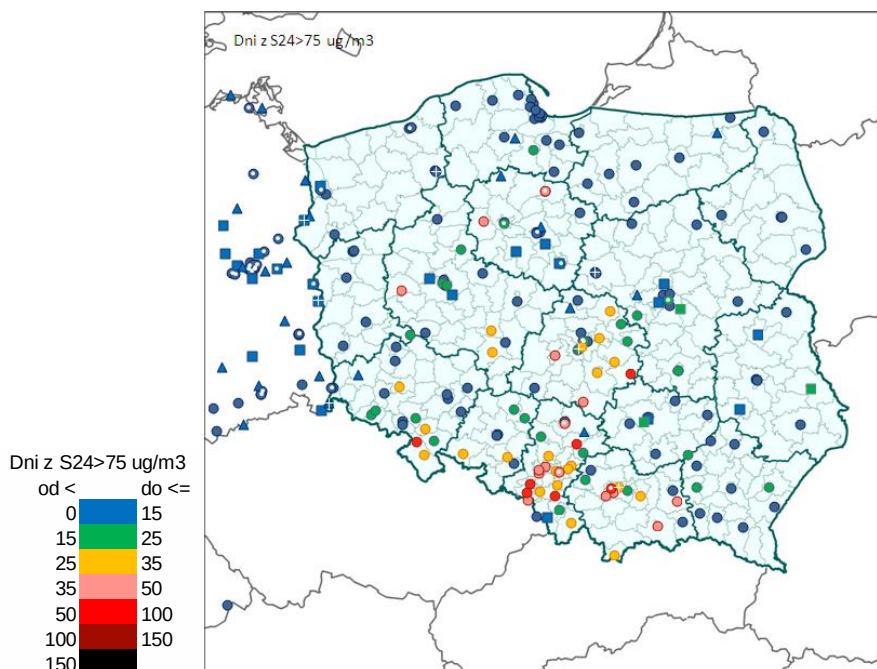
Rysunek 3.2-14. Uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w Polsce stężenia 24-godz. PM10 w 2016 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.



Rysunek 3.2-15. Procent stanowisk w Polsce ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od wartości percentyla S95 z rocznych serii wyników dobowych pomiarów stężeń PM10 w 2016 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.

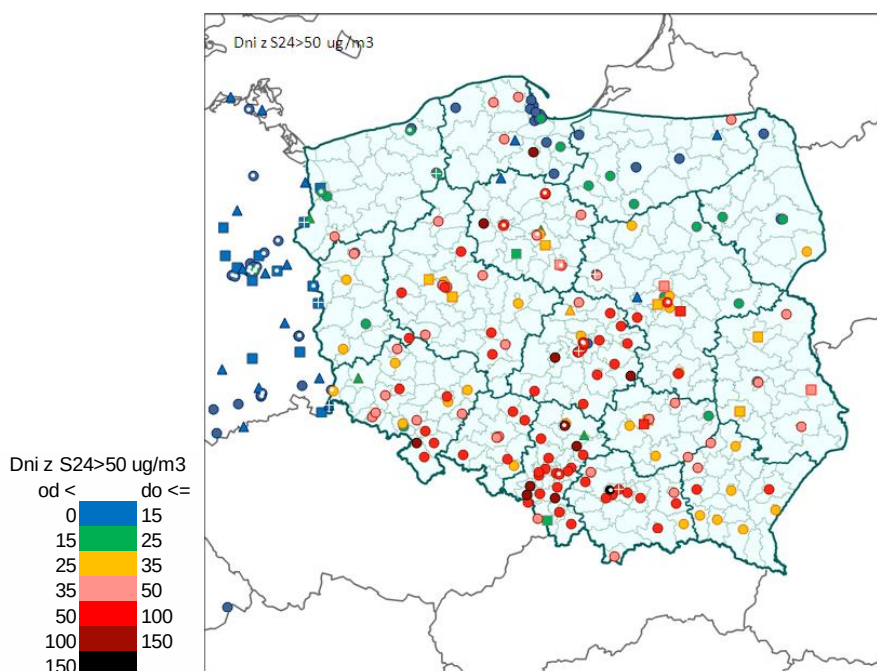
Okresy z wysokimi stężeniami pyłu, rozdzielone były okresami z niższymi stężeniami, np. 25-28.12.2016 r. (Rys. 3.3-12a-Rys. 3.3-12c).

W 2016 r. stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (poziom graniczny epizodu) na więcej niż połowie stacji w kraju wystąpiły wyłącznie w styczniu, w dniach: 05-7.01.2016, 19.01.2016, 23.01.2016.



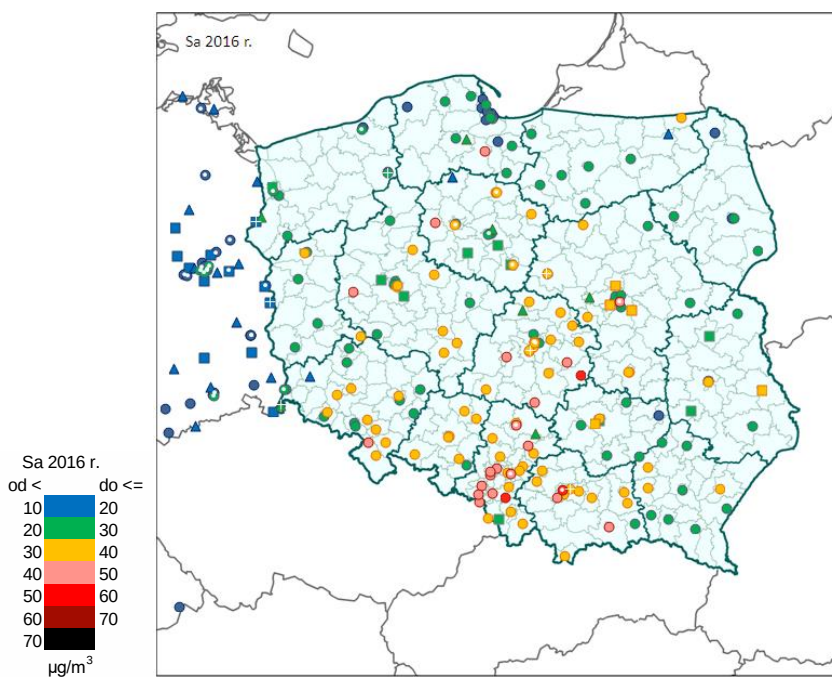
Rysunek 3.2-16. Liczba dni z zarejestrowanymi stężeniami 24-godz. PM₁₀ wyższymi od 75 µg/m³ w 2016 r.

W całym 2016 roku, najwięcej przypadków przekroczeń poziomu granicznego epizodu (75 µg/m³) miało miejsce na stacji tła miejskiego w Opocznie w woj. łódzkim (76) oraz na stacji komunikacyjnej w Krakowie (74) – rys. 3.3-16. Na 7 stanowiskach w 4 województwach (śląskie (4 stanowiska), małopolskie (1), łódzkie (1), dolnośląskie (1)) wystąpiło więcej niż 50 dni ze stężeniem S₂₄>75 µg/m³ (Rys. 3.3-16). Epizody wysokich stężeń PM₁₀ w 2016 r. najczęściej, a także na największej liczbie stanowisk, notowane były w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim. W województwach północnych, wschodnich i północno-zachodnich stężenia charakterystyczne dla epizodów występowały znacznie rzadziej.



Rysunek 3.2-17. Liczba dni z zarejestrowanymi stężeniami 24-godz. PM₁₀ wyższymi od 50 µg/m³ w 2016 r.

W 2016 roku, najwięcej przypadków przekroczeń poziomu dopuszczalnego $D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło: na stacji komunikacyjnej w Krakowie (167), a spośród stacji tła miejskiego - w Opocznie w woj. łódzkim (150). Na 11 stanowiskach w 6 województwach wystąpiło więcej niż 100 dni ze stężeniem $S_{24}>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 3.3-17). Więcej niż 35 przypadków przekroczeń poziomu dopuszczalnego D_{24} zarejestrowano na 113 stacjach w Polsce (56%).



Rysunek 3.2-18. Stężenia średnie roczne PM10 w 2016 r.

Najwyższe stężenie średnie roczne PM10 zarejestrowano na stacji komunikacyjnej w Krakowie ($57 \mu\text{g}/\text{m}^3$), oraz na stacjach tła miejskiego w Opocznie w woj. łódzkim ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Pszczynie w woj. śląskim ($51 \mu\text{g}/\text{m}^3$) - rys. 3.3-18). Poziom dopuszczalny ($D_a=40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na 21 stacjach (10%) w 6 województwach. Na stacjach z przekroczeniem poziomu dopuszczalnego określonego dla stężeń średnich rocznych, przez wiele dni w 2016 r. występowały stężenia 24-godz. wyższe od poziomu granicznego epizodu (od 17 do 76 dni).

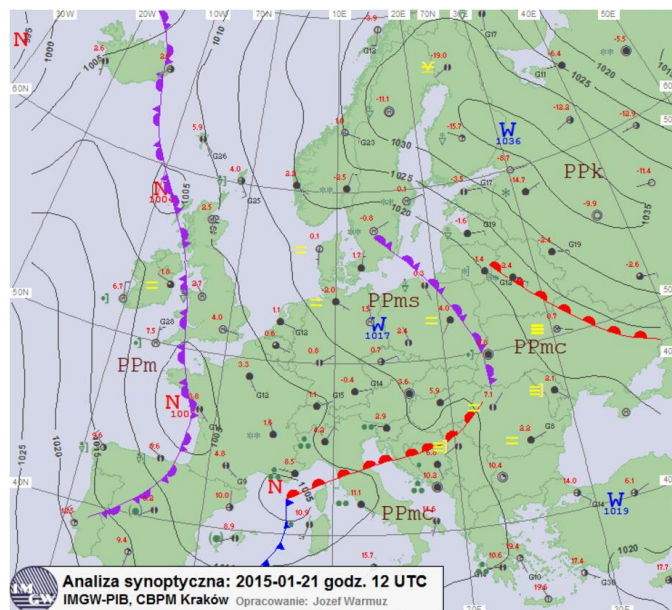
Na analizowanym obszarze krajów ościennych, w 2016 r. podobnie jak w roku 2015, największy zasięg epizodów i najwyższe stężenia, obserwowane w trakcie ich trwania, wystąpiły w Czechach, następnie na Słowacji i w Niemczech.

4. ANALIZA EPIZODÓW

4.1. Epizod 1. Od 20 do 22 stycznia 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy)

Sytuacja synoptyczna

Polska znajdowała się pod malejącym wpływem układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Finlandią i Rosją Zachodnią, oddalającego się na wschód oraz lokalnego ośrodka wyżowego, który utworzył się na granicy polsko-niemieckiej. Nad obszar kraju napływały masy chłodnego powietrza polarnego morskiego starego z kierunku północno-zachodniego, podążającego za frontem zokludowanym, które wyparły powietrze polarne morskie ciepłe i przyniosły umiarkowane zamglenie i przelotny opad śniegu oraz deszczu. Temperatury od 0°C na północy kraju do 4°C w Polsce centralnej. Zachmurzenie całkowite lub bliskie całkowitemu. Dominował słaby wiatr, z południowego wschodu, południowego zachodu oraz północnego zachodu.

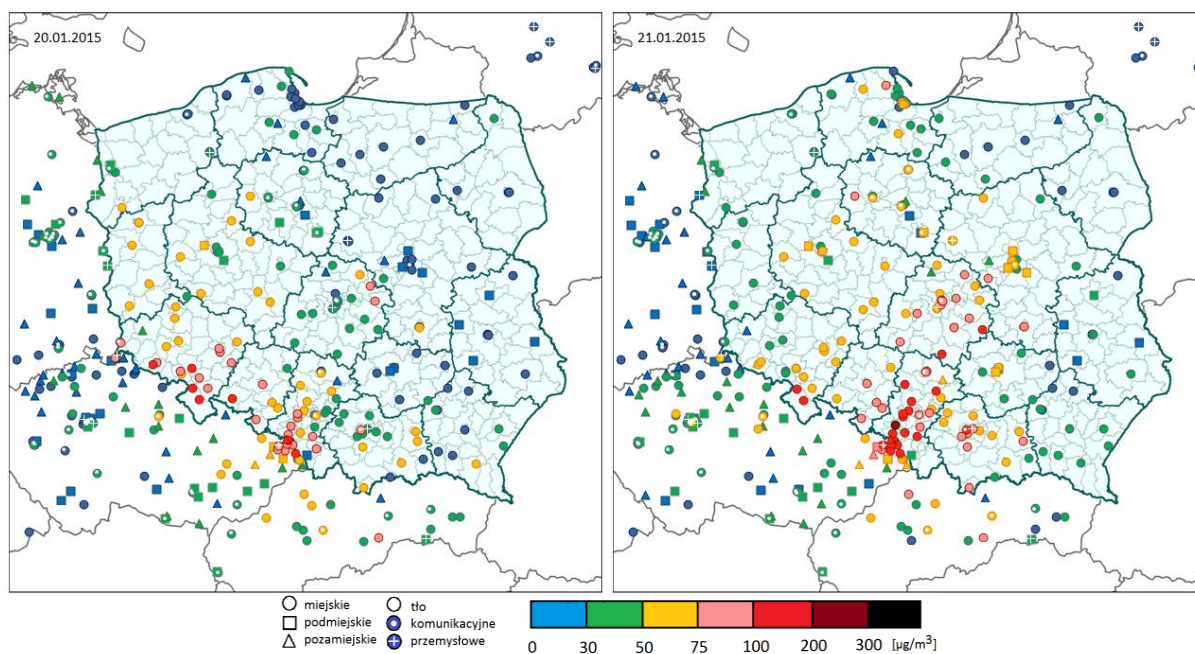


Rysunek 4.1-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 21 stycznia 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

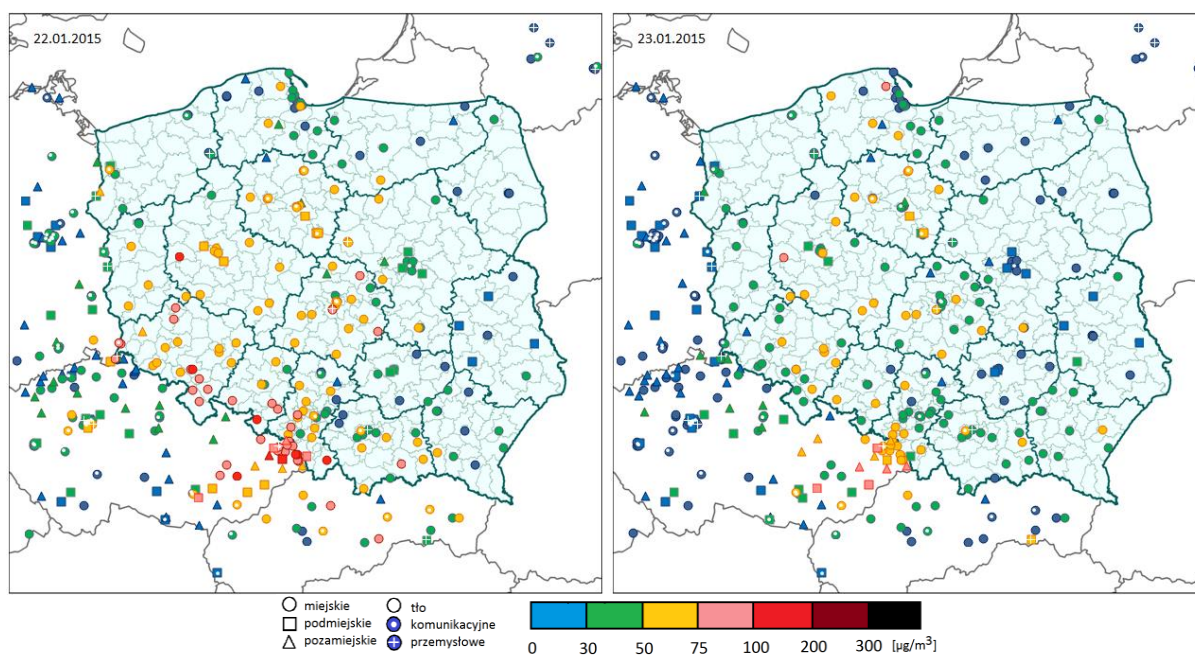
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń PM₁₀ 20-22.01.2015 z różnym natężeniem trwał 3 dni. Obszar występowania wysokich stężeń zmieniał się w kolejnych dniach. Początkowo wysokie stężenia notowane były głównie w południowych częściach województw położonych wzdłuż granicy z Czechami. Następnie stężenia większe od 75 µg/m³ notowane były przede wszystkim w woj. śląskim, ale także na części stacji w woj. łódzkim, małopolskim i opolskim. Przekroczenia poziomu epizodu (75 µg/m³) wystąpiły też w Czechach w rejonie Ostrawy. Był to kulminacyjny dzień tego epizodu (21.01.2015 r.). W dniu 22.01.2015 r. stężenia PM₁₀ w Polsce

zmniejszyły się, ale nadal w trzech województwach graniczących z Czechami, na niektórych stacjach przekroczony był poziom graniczny epizodu. W Czechach wysokie stężenia wystąpiły w rejonie Ostrawy oraz w innych rejonach wschodniej części Czech. W kolejnym dniu, 23.01.2015 r. wraz ze wzrostem wpływu niżu barycznego z centrum nad Włochami na pogodę w południowej części Polski, stężenia pyłu PM₁₀ zmniejszyły się w Polsce do wartości poniżej poziomu granicznego epizodu (75 µg/m³). Wysokie stężenia PM₁₀ utrzymywały się na kilku stacjach we wschodniej części Czech.



Rysunek 4.1-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 20-21.01.2015 r.



Rysunek 4.1-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 22-23.01.2015 r.

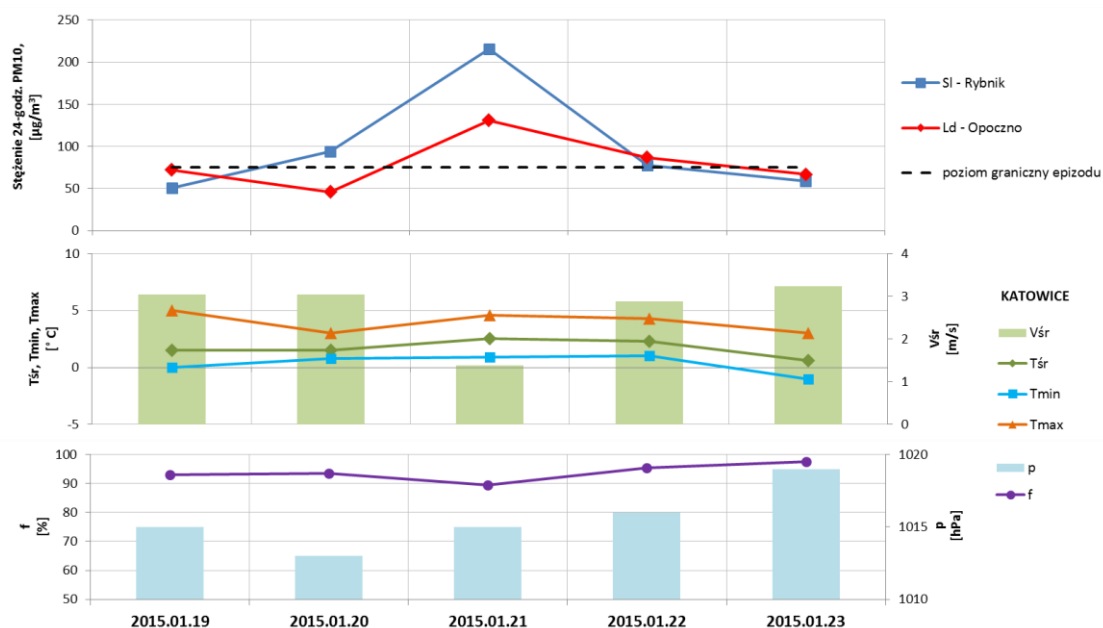
Podczas trwania epizodu wystąpił jeden przypadek przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) – w Rybniku. Poziom alarmowy ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nie był przekroczony na żadnej stacji. Wybrane informacje o stężeniach PM10 podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.1-1.

W dniu 21 stycznia, jak wspomniano wyżej, miała miejsce kulminacja epizodu wysokich stężeń PM10. W tym dniu Polska znajdowała się w obszarze z niskim gradientem ciśnienia atmosferycznego, pomiędzy wyżem znad Rosji i niżem znad Zatoki Biskajskiej. Wiatr był słaby, okresowo występowały cisze wiatrowe, mgły i zamglenia. Temperatura powietrza wynosiła od 1°C w nocy do 4°C w dzień (Katowice). Podwyższone (większe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i wysokie (większe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stężenia PM10 wystąpiły głównie w centrum i na południu kraju. Niskie stężenia utrzymywały się we wschodnich i w zachodnich województwach. Najwyższe stężenia i najwięcej stanowisk z $S24 > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło w woj. śląskim. Przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły licznie również na terenie województwa łódzkiego, małopolskiego i opolskiego (Rys.4.1-2). W Rybniku, jak wspomniano, przekroczony został poziom informowania. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 53% stanowisk w Polsce, w tym na 54% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 22% stanowisk w kraju (ale na 89% stanowisk z woj. śląskiego), w tym na 23% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczeń poziomu epizodu nie zarejestrowano. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania, zanotowano na stacji w Rybniku ($216 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Rys.4.1-4). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 16 stanowiskach w 4 województwach, w tym na 11 z 18 stanowisk miejskich w woj. śląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim – $114 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 4.1-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 19-23.01.2015 r.

	Jednostka	2015-01-20	2015-01-21	2015-01-22
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	43.2	58	52.3
% stanowisk z $S24 > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	30	53	51
% stanowisk z $S24 > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	13	22	12
% stanowisk z $S24 > S95$	%	11	15	12
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	136	216	180
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	44.5	58.7	53.3
% stanowisk z $S24 > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	33	54	53
% stanowisk z $S24 > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	14	23	14
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	136	216	180
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	25.2	32.3	36.1
% stanowisk z $S24 > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	10	20
% stanowisk z $S24 > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0

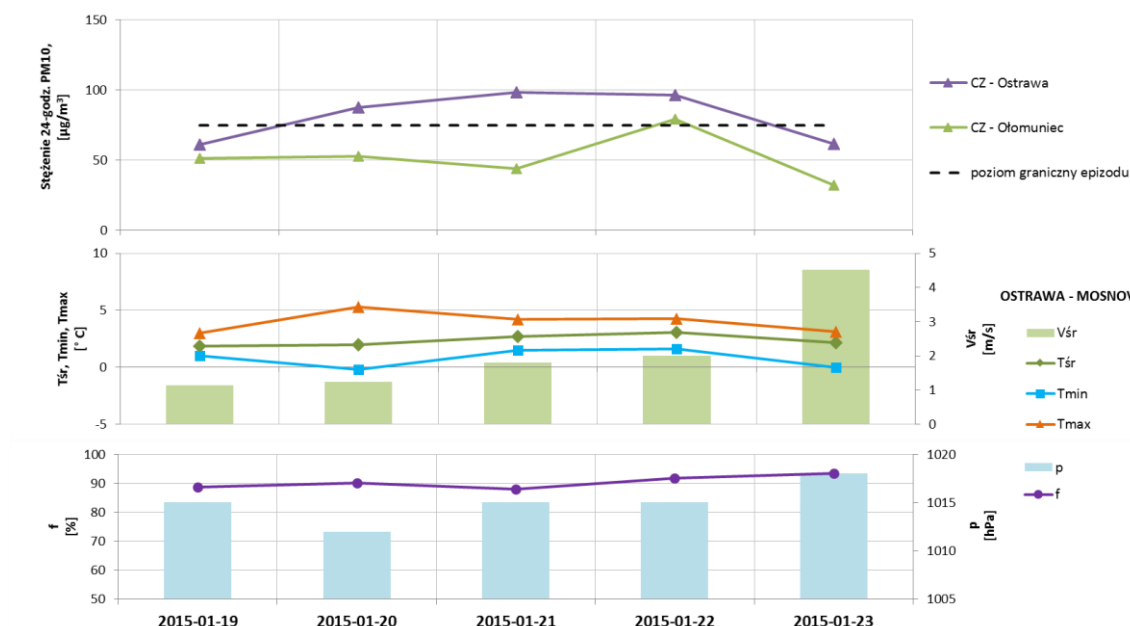
	Jednostka	2015-01-20	2015-01-21	2015-01-22
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	44	51	61
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	1	2	2
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	7	9	16
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.1-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

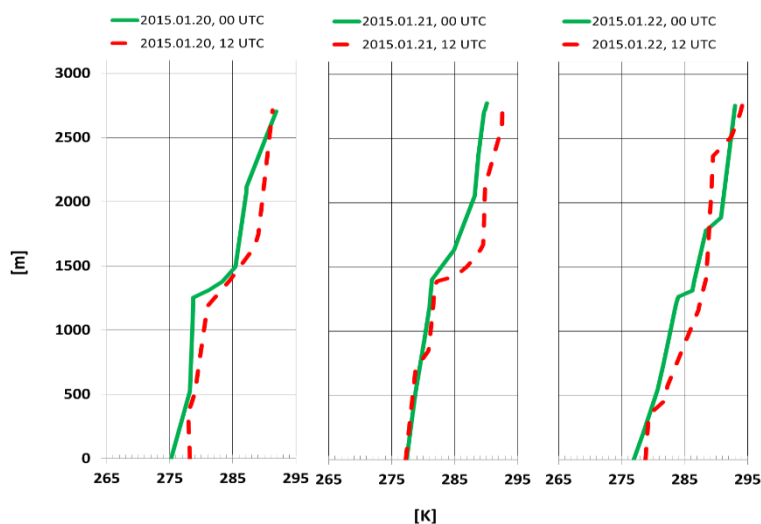
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniu 21 stycznia 2015 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 9 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy). W następnym dniu przekroczenia wystąpiły na 18 stanowiskach w rejonie Ostrawy i na południowy zachód od Ostrawy. W tym dniu (22.01.2015 r.) w Czechach stężenia dobowe PM10 przekraczały poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 4 stanowiskach. Najwyższe stężenie zanotowano na stanowisku w miejscowości Frydek-Mistek ($118 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Czeskim Cieszynie ($115 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom graniczny epizodu przekroczony był nieznacznie na 2 stanowiskach na Słowacji (Ružomberk i Jelsava).



Rysunek 4.1-5. Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 20-22.01.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostějov (Czechy, nr stacji: 11747).

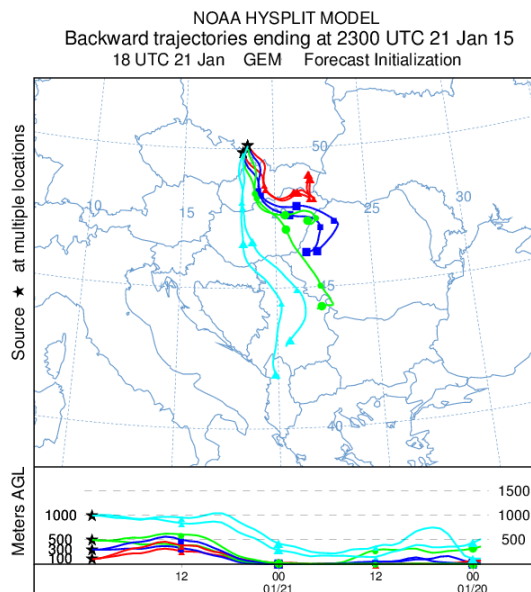


Rysunek 4.1-6. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostějovie w dniach 20-22.01.2015 r.

Wykresy temperatury potencjalnej wskazują, iż dla tego okresu, dla godzin dziennych dominowała równowaga obojętna do wysokości około 400 m oraz od około 1500 m, natomiast na pozostałych wysokościach była to przeważnie równowaga stała. W godzinach nocnych przeważała natomiast równowaga stała bądź lekko stała z wyjątkiem pierwszego dnia okresu,

gdy na wysokości od 500 m do około 1300 m występowała równowaga obojętna. Pierwszy i ostatni dzień tego okresu charakteryzował się występowaniem lekkich inwersji przyziemnych. Podczas całego epizodu wystąpiła inwersja wyżowa, dobrze widoczna drugiego dnia tego okresu na wysokości około 1500 m. Temperatura przy powierzchni ziemi zmieniała się nieznacznie i pozostawała w zakresie 5°C w dzień oraz 2°C w nocy.

Trajektorie wsteczne



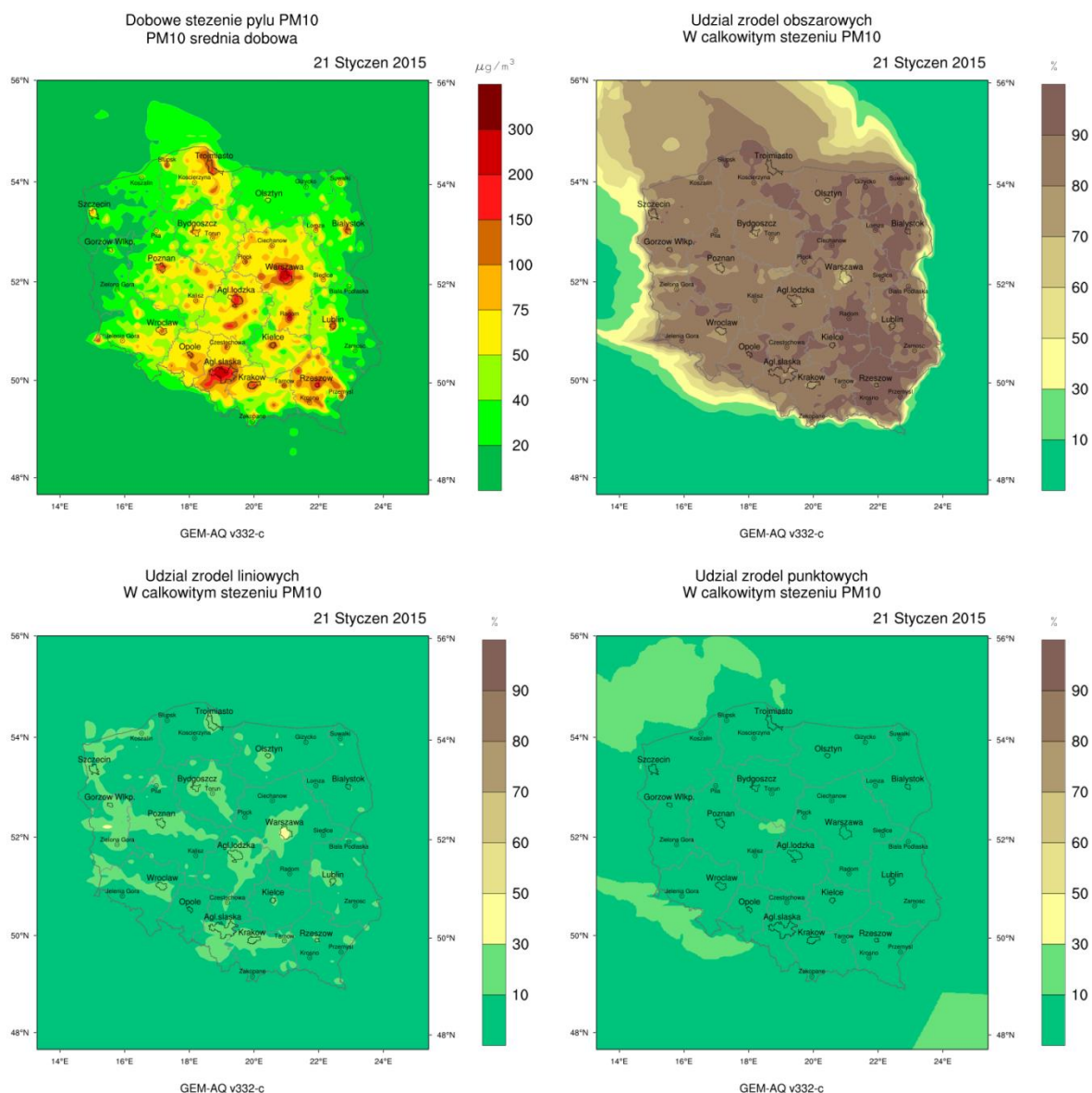
Rysunek 4.1-7. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 21 stycznia 2015 r.

Trajektorie wsteczne dla dnia referencyjnego epizodu (21 stycznia 2015 r.) wykreślono dla dwóch miast z wysokimi poziomami stężeń: Rybnika ($216 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim i Ostrawy w Czechach ($98 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dla obu tych lokalizacji kształt trajektorii jest zbliżony, za wyjątkiem obliczonej dla poziomu 500 m. Trajektorie obliczone dla wyższych poziomów (500 m i 1000 m) wskazują na napływ mas powietrza z kierunku południowego, mają one swój początek nad państwami bałkańskimi. W warstwach położonych niżej (100 m i 300 m) powietrze napływało z kierunku południowo-wschodniego. Początek tych trajektorii zlokalizowany jest nad obszarem, odpowiednio: Słowacji oraz Rumunii. Na najniższym poziomie występowała kilkukrotna zmiana kierunku wiatru, z północnego na wschodni, południowy i południowo-wschodni. Bezpośredni napływ na teren Ostrawy nastąpił ze wschodnich Czech i Słowacji, natomiast na obszar Rybnika - z południowych rejonów Polski oraz Słowacji. Długość trajektorii obliczonych dla niższych poziomów świadczy o stosunkowo niskiej prędkości wiatru, sprzyjającej powstawaniu wysokich koncentracji zanieczyszczeń powietrza.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 21.01.2015 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz ich otoczeniu na północy i w centrum kraju oraz w Polsce południowej i południowo-wschodniej. Obliczenia

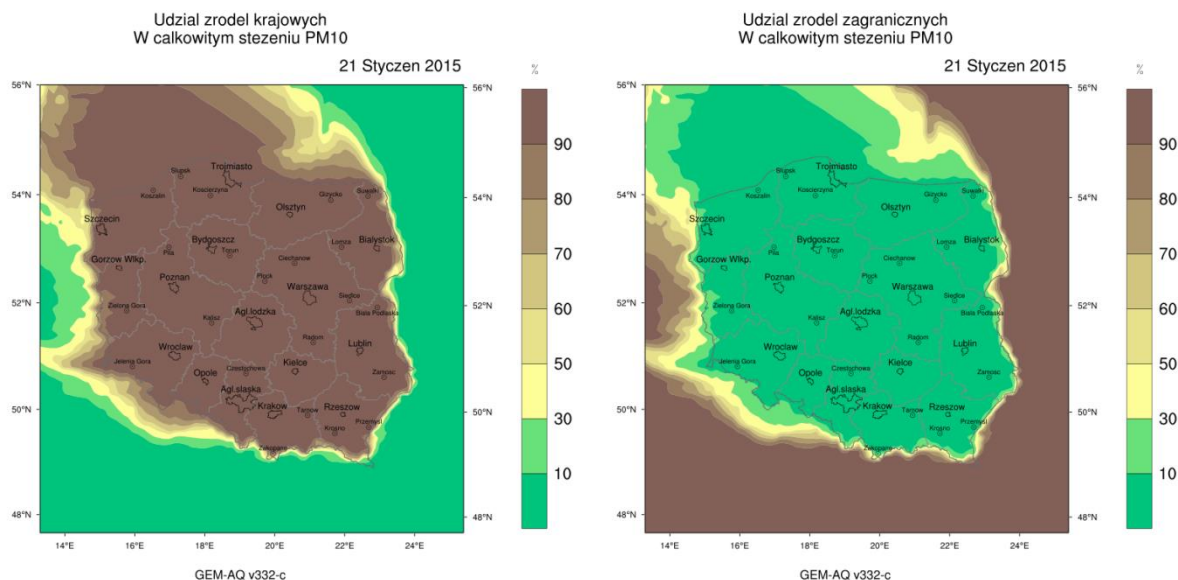
wskazują też na podwyższone stężenie PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku między Piotrkowem Trybunalskim i Częstochową oraz Toruniem, a Łodzią, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1 oraz nr 8 na odcinku Warszawa-Piotrków Trybunalski.



Rysunek 4.1-8. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 21 stycznia 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (nawet do 90% wartości stężenia dobowego, zwłaszcza w Polsce wschodniej). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-90%. Mniejszy udział procentowy mają źródła liniowe – przeważnie 10-30% i występuje on przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady

A4, A2 i fragment A1). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, oraz w rejonach wysokich stężeń PM₁₀ był nieznaczny i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.1-9. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 21 stycznia 2015 r.

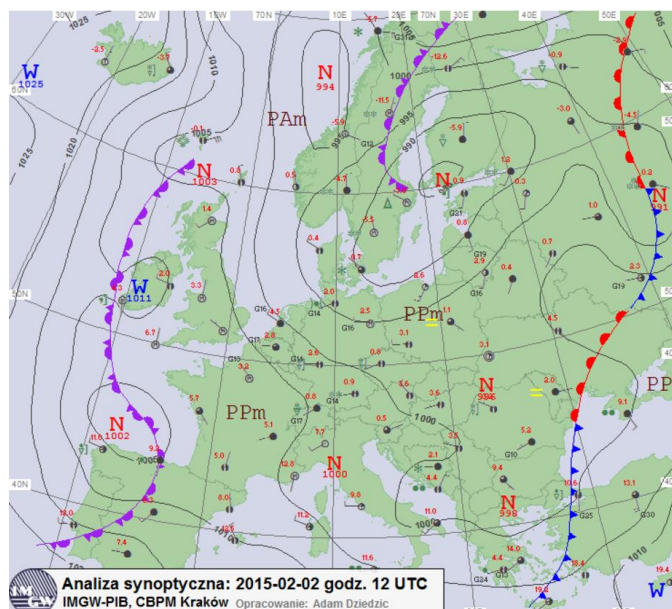
O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Obliczenia wskazują, iż udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju nie był wysoki i osiągał wartości maksymalnie do 30%, a w pasie przygranicznym do 50%. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu nad południową częścią Bałtyku - nawet powyżej 90% oraz w mniejszym stopniu na obszarach południowego Kaliningradu oraz wschodniej Saksonii - około 50%.

4.2. Epizod 2. Od 1 do 5 lutego 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Słowacja)

Sytuacja synoptyczna

W tym czasie terytorium Polski znajdowało się pod wpływem układu niskiego ciśnienia mającego swoje centrum nad południowo-zachodnią Finlandią, który stale przemieszczał się w kierunku Europy środkowej. Nad krajem zalegały masy powietrza polarno-morskiego, które nadeszły z kierunku północno-zachodniego i opuściły jego teren pod koniec tego okresu. Przyniosły one umiarkowane zamglenie w centrum kraju, wystąpił przelotny opad śniegu związany z przejściem frontu chłodnego z potencjałem do utworzenia frontu zokludowanego, od północnego-zachodu w połowie analizowanego okresu. Temperatura od 1°C w Polsce centralnej do ponad 3°C na południu kraju, przy czym napływ zimnych mas powietrza z

kierunku północno-zachodniego spowodował 5 lutego spadek temperatur do wartości ujemnych na terenie całego kraju. Zachmurzenie od małego do dużego, związane z przejściem frontu chłodnego. Przeważał wiatr zachodni i południowo-zachodni oraz południowo-wschodni, od słabego do umiarkowanego.



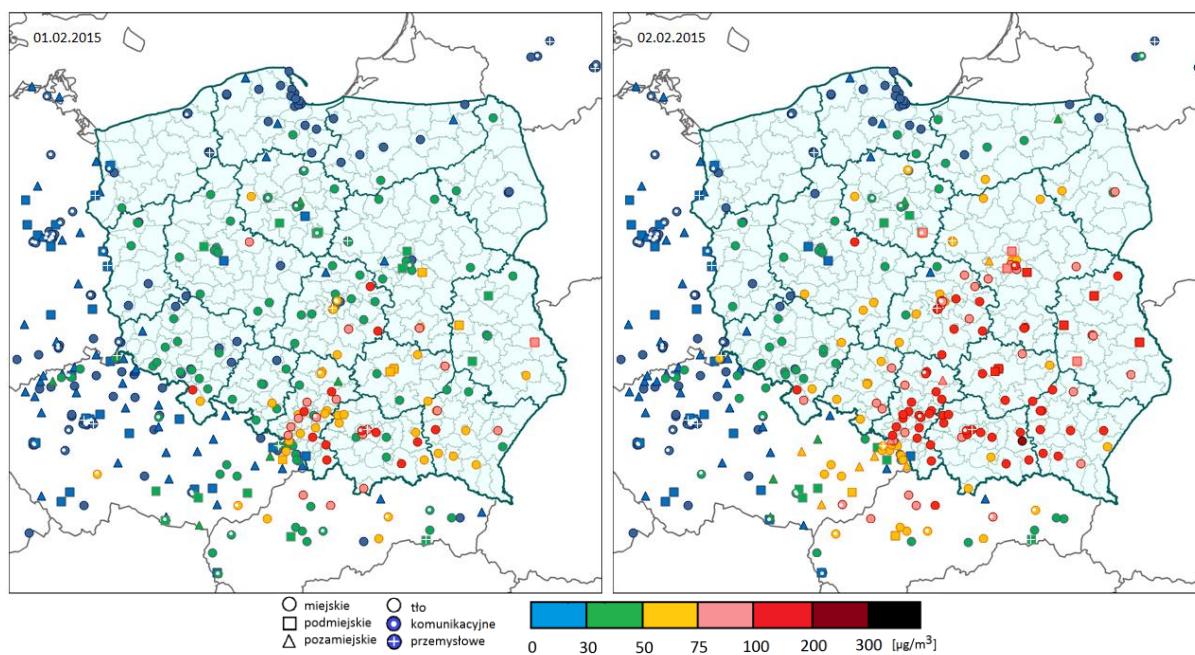
Rysunek 4.2-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 2 lutego 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

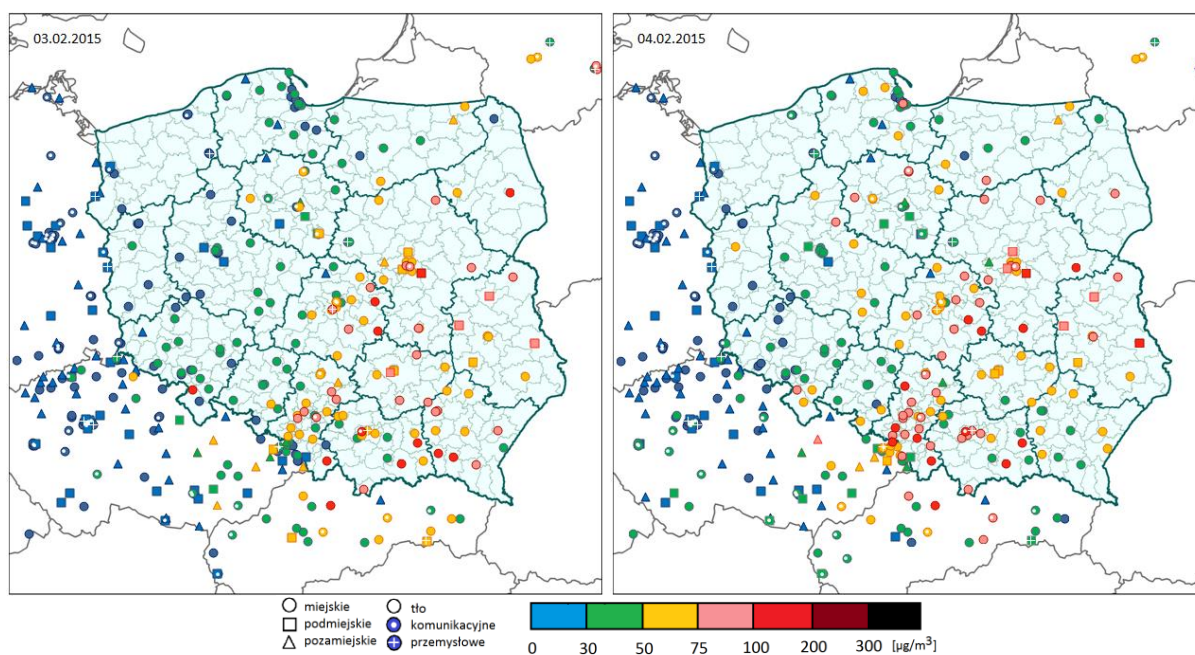
Epizod wysokich stężeń PM₁₀ 20-22.01.2015 z różnym natężeniem trwał 5 dni. Obszar występowania wysokich stężeń zmieniał się w kolejnych dniach. Początkowo wysokie stężenia notowane były głównie w woj. śląskim, małopolskim i podkarpackim. Podwyższone stężenia PM₁₀ wystąpiły dodatkowo na stacjach w woj. łódzkim i świętokrzyskim. Północna i zachodnia część Polski znajdowała się wówczas w zasięgu oddziaływania niżu z centrum w rejonie Zatoki Fińskiej i dzięki temu stężenia w tych rejonach Polski były niskie. W następnym dniu (2.02.2015 r. – kulminacja epizodu) wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły na stacjach miejskich i podmiejskich na obszarach położonych na wschód i południe od linii łączącej Opole, Łódź, Warszawę i Białystok. Przekroczenia poziomu epizodu (75 µg/m³) wystąpiły też na Słowacji. W dniu 3.02.2015 r. stężenia PM₁₀ w Polsce zmniejszyły się, ale nadal na większości stacji w południowo-wschodniej połowie Polski przekroczony był poziom dopuszczalny PM₁₀ (50 µg/m³) a na niektórych stacjach przekroczony był poziom graniczny epizodu. Na Słowacji podwyższone stężenia PM₁₀ wystąpiły na ok. 40% stacji, a przekroczenie poziomu epizodu zanotowano w Ružomberku. W kolejnym dniu (4.02.2015 r.), stężenia w woj. podkarpackim obniżyły się poniżej poziomu epizodu, a obszar epizodu przemieścił się na północ, gdzie w części miast stężenia przekroczyły 75 µg/m³. Wysokie stężenia notowano dodatkowo (w stosunku do sytuacji z dnia poprzedniego) na terenie woj. wielkopolskiego, kujawsko-pomorskiego, warmińsko-mazurskiego i pomorskiego. W dniu 5.02.2015 podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w miastach na większości terenu kraju (na ok. 70% stanowisk), a stężenia wyższe od poziomu epizodu wystąpiły we wszystkich

województwach z wyjątkiem woj. lubuskiego i podlaskiego (w sumie na 31% stanowisk w kraju). W następnym dniu, wskutek zmiany warunków meteorologicznych, stężenia wyższe od 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły jedynie na 6% stanowisk w kraju.

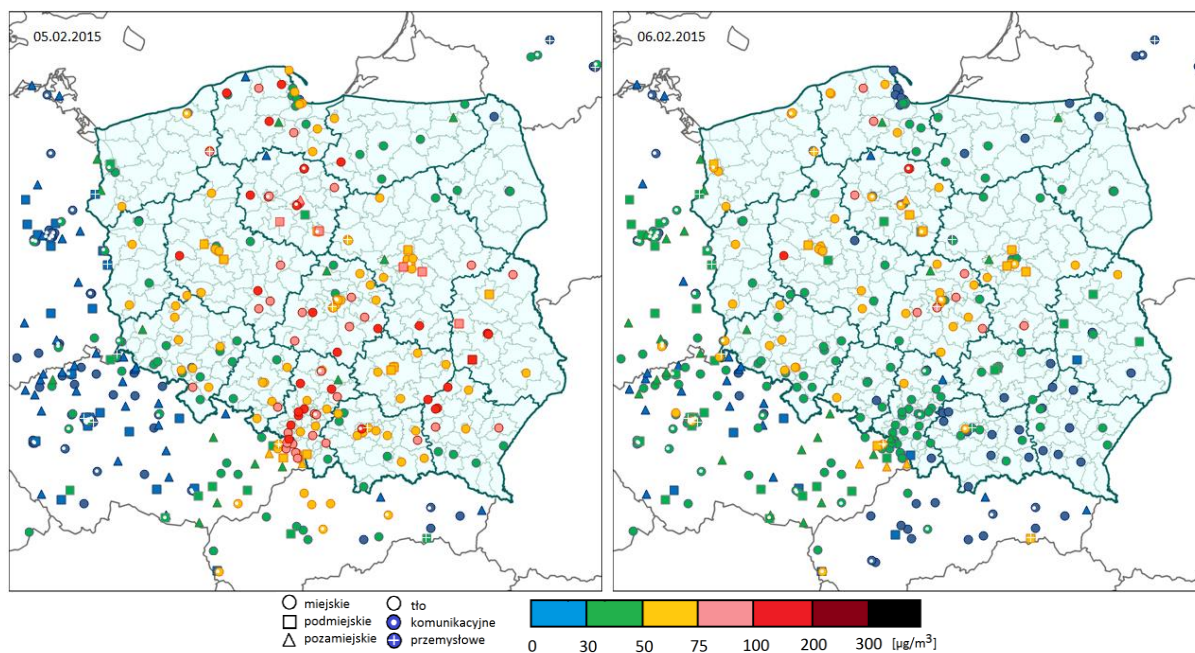
Podczas trwania epizodu wystąpił jeden przypadek przekroczenia poziomu informowania – w Tuchowie w woj. małopolskim. Poziom alarmowy nie był przekroczony na żadnej stacji. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.2-1.



Rysunek 4.2-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 1-2.02.2015 r.



Rysunek 4.2-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 3-4.02.2015 r.



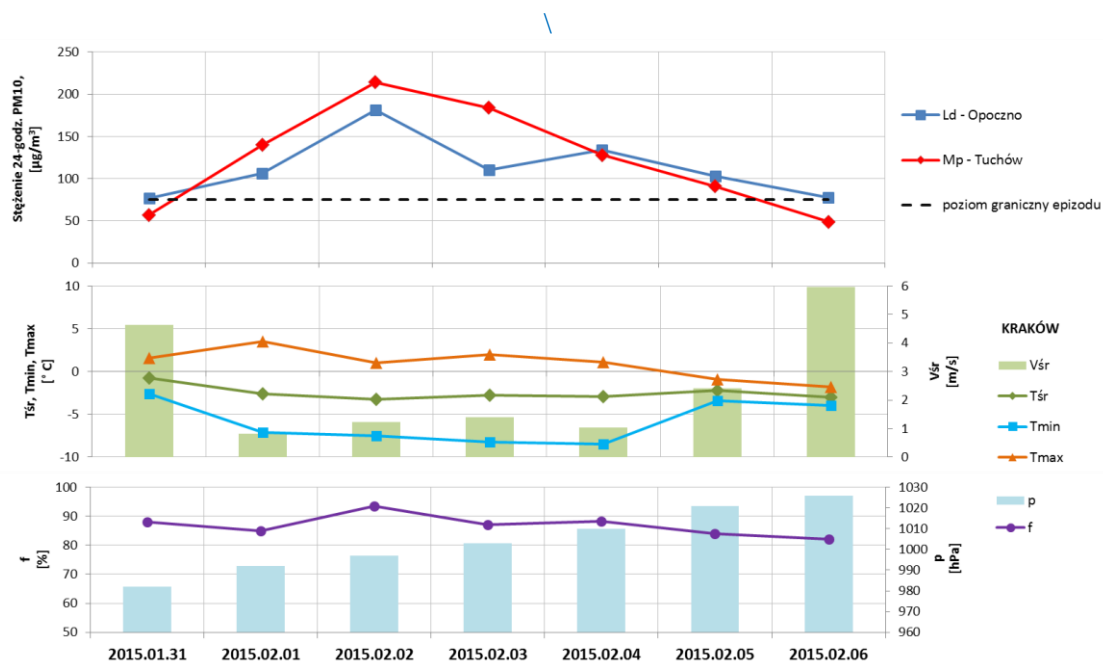
Rysunek 4.2-4. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 5-6.02.2015 r.

Kulminacja epizodu 1-5.02.2015 miała miejsce w dniu 2.02.2015 r. W tym dniu południowo-wschodnia Polska znajdowała się w obszarze z niskim gradientem ciśnienia atmosferycznego. Wiatr był słaby, okresowo występowały cisze wiatrowe, mgły i zamglenia. Temperatura powietrza wynosiła od -7 °C w nocy do 0 °C w dzień (Kraków). Podwyższone (większe od 50 µg/m³) i wysokie (większe od 75 µg/m³) stężenia PM10 wystąpiły głównie w południowo-wschodniej połowie kraju. Niskie stężenia utrzymywały się w zachodnich i północnych województwach. Przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły licznie na terenie województwa śląskiego, małopolskiego, podkarpackiego, łódzkiego, mazowieckiego i lubelskiego (rys.4.2-2). Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 59% stanowisk w Polsce, w tym na 61% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 20% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 43% stanowisk w kraju, w tym na 45% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego i na 10% stanowisk pozamiejskich. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania (200 µg/m³), zanotowano na stacji w Tuchowie k. Tarnowa (214 µg/m³, rys. 4.2-5). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 60 stanowiskach w 9 województwach, w tym na 44 z 58 stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, świętokrzyskim i podkarpackim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 73 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, świętokrzyskim i podkarpackim – 122 µg/m³.

Tabela 4.2-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 19-23.01.2015 r.

	Jedno -stka	01.02. 2015	02.02. 2015	03.02. 2015	04.02. 2015	05.02. 2015
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m³	45.3	73.0	51.2	57.6	66.1
% stanowisk z S24>50µg/m³	%	30	59	45	53	70

	Jedno -stka	01.02. 2015	02.02. 2015	03.02. 2015	04.02. 2015	05.02. 2015
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	14	43	17	27	31
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	7	42	16	19	28
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	146	214	184	158	148
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	46.3	74.7	51.9	58.7	66.8
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	31	61	45	55	72
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	14	45	18	27	31
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	146	214	184	158	136
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	21.9	34.1	30.5	29.0	41.1
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	20	30	10	10
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	10	0	0	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	44	79	71	58	84
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	2	4	1	3	0
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	0	1	0	2	6
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0	0	0

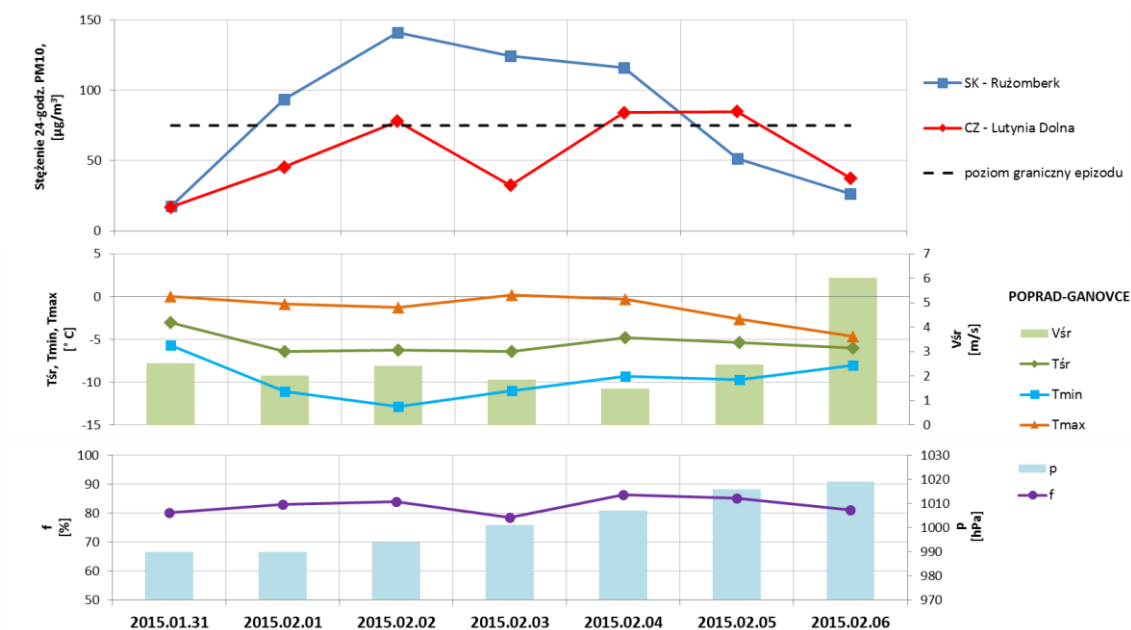


Rysunek 4.2-5. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie

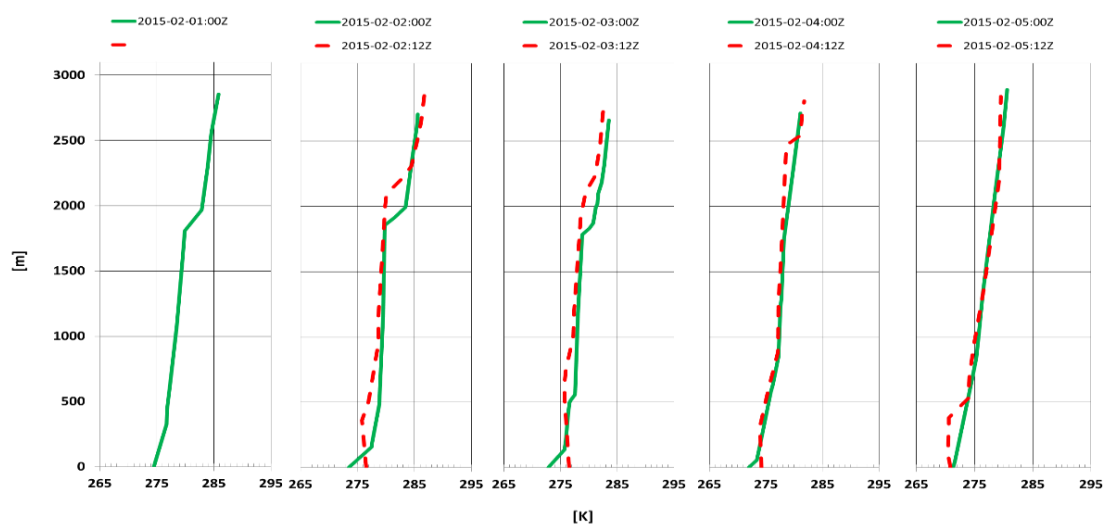
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniu 1 lutego 2015 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 2 stanowiskach tła na Słowacji. W następnym dniu przekroczenia wystąpiły na 4 stanowiskach na Słowacji i jednym w Czechach. W tym dniu (2.02.2015 r.) stężenia

dobowe PM10 przekraczały poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poza Polską na jednym stanowisku na Słowacji. Najwyższe stężenie zanotowano na stanowisku w miejscowości Ružomberk ($141 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom graniczny epizodu przekroczony był nieznacznie na 1 stanowisku tła w Czechach (Lutynia Dolna k. Ostrawy). W następnym dniu w dalszym ciągu występowały wysokie stężenia w Ružemborku, a podwyższone w wielu regionach Słowacji. Przekroczenia poziomu epizodu na Słowacji wystąpiły również w dniu 4.02.2015 r.



Rysunek 4.2-6. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach i na Słowacji oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Popradzie

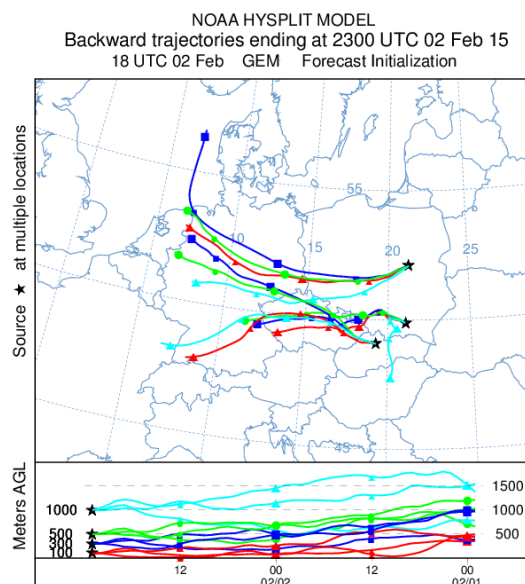


Rysunek 4.2-7. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondażu aerologicznych w Legionowie w dniach 01-05.02.2015 r.

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 01-05.02.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, nr stacji: 12374).

Dla tego okresu wykresy temperatury potencjalnej wskazują na zbliżony charakter równowagi atmosfery dla całego okresu, w tym przewagę równowagi stałej, z wyjątkiem warstwy przyziemnej, gdzie w ciągu dnia występowała równowaga chwiejna lub obojętna. Przez większość dni na wysokości powyżej 2000 m występowała inwersja osiadania związana z obecnością frontu wyżowego, natomiast do wysokości ok. 250 m kształtowała się inwersja radiacyjna. W pierwszych dniach tego okresu temperatura przy powierzchni ziemi zmieniała się nieznacznie, od 0°C w nocy do 3°C w dzień, nastąpił jednak jej znaczny spadek ostatniego dnia – średnio o 5°C.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.2-8. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 2 lutego 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (02.02.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀: Tuchowa w woj. małopolskim (214 µg/m³), Opoczna w woj. łódzkim (181 µg/m³) oraz Ružomberku na Słowacji (141 µg/m³).

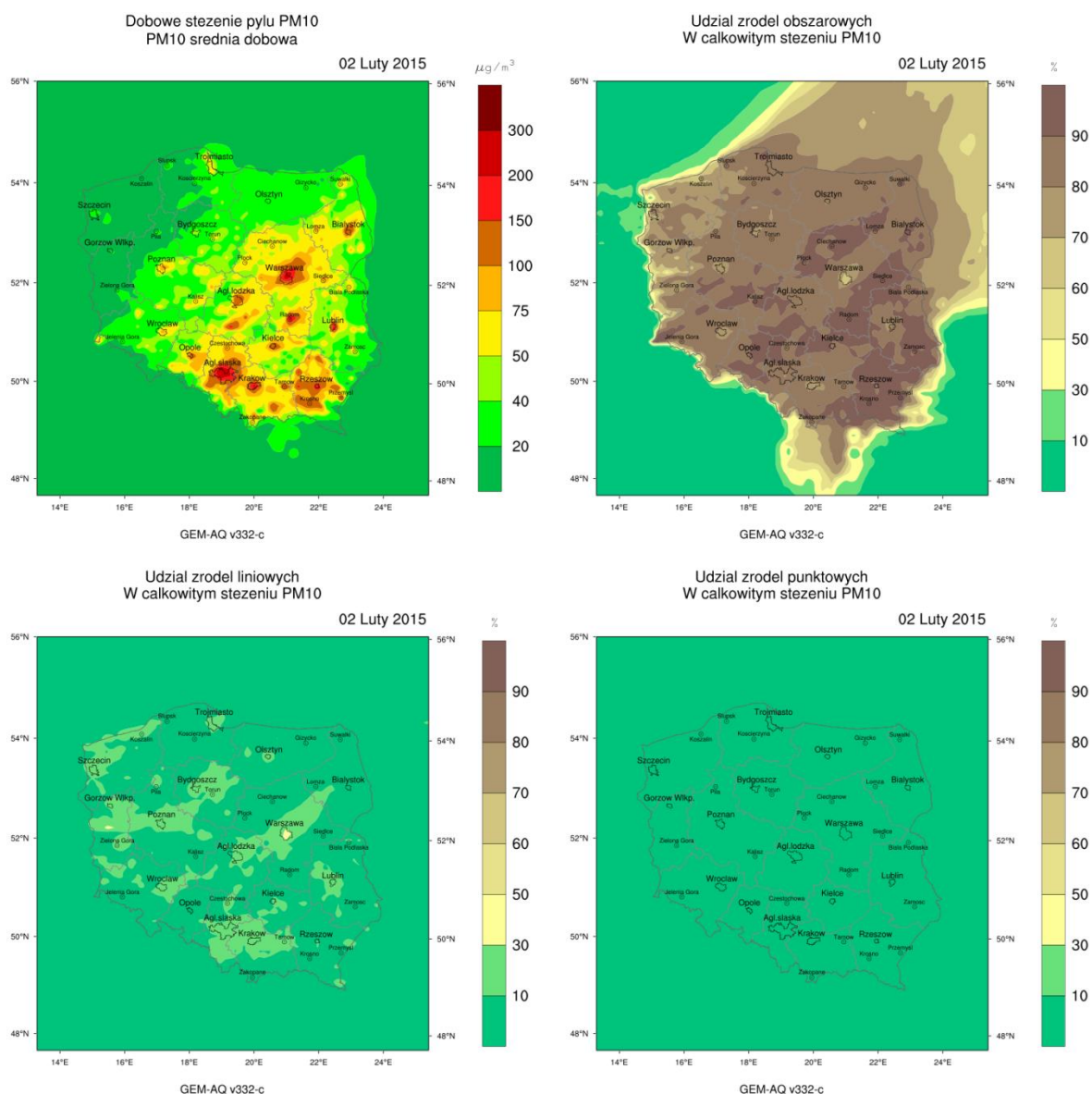
W przypadku wszystkich lokalizacji, dla których wyznaczono trajektorie, masy powietrza na analizowanych wysokościach napłynęły z kierunku zachodniego. Wyjątkiem jest najwyższa trajektoria (1000 m) dla Tuchowa, która wskazuje na napływ z południa, z obszaru Węgier. Początki trajektorii sięgają rejonu zachodnich oraz południowych Niemiec oraz Morza Północnego.

Bezpośredni napływ powietrza na obszar Opoczna nastąpił z centralnej Polski, natomiast w przypadku Tuchowa był to napływ z południowych województw kraju oraz Czech. Na

analizowaną lokalizację słowacką bezpośrednio (w dniu referencyjnym epizodu) powietrze napłynęło z obszaru północno-wschodnich Czech.

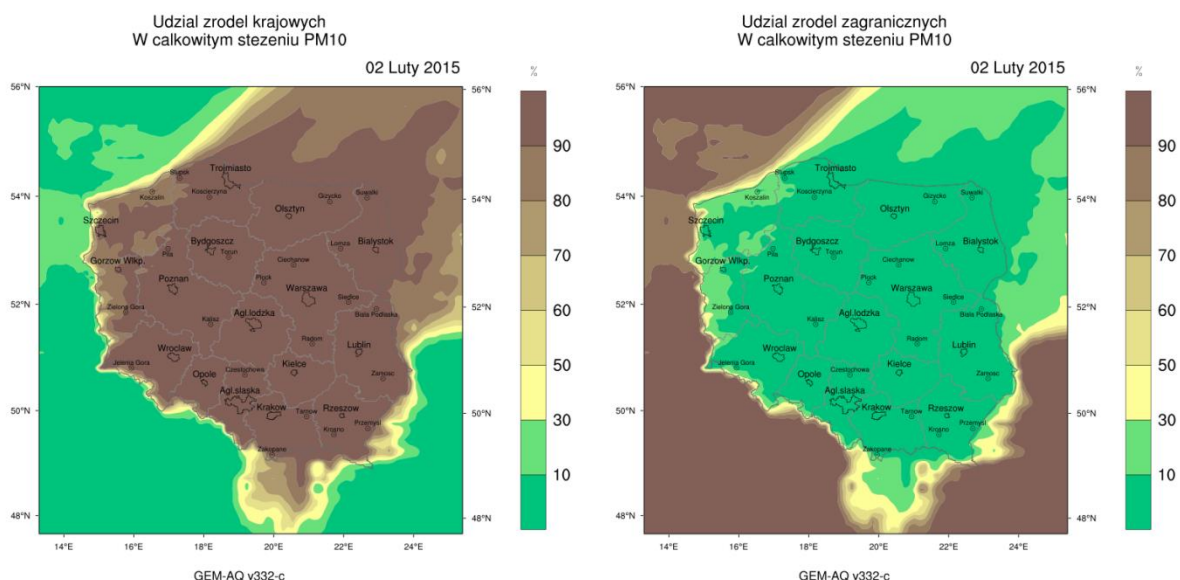
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy modelu GEM-AQ dla dnia 02.02.2015 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń PM10 w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu, na obszarze centralnej, południowej i wschodniej Polski. Wyniki modelowania pozwalają zauważyć znaczną różnicę w dobowym stężeniu pyłu PM10 pomiędzy północną i północno-zachodnią częścią Polski, a jej południowym i południowo-wschodnim obszarem. Obliczenia ukazują również podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8.



Rysunek 4.2-9. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 2 lutego 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 ukazuje największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych z indywidualnymi systemami grzewczymi - do 90% wartości stężenia dobowego, zwłaszcza w Polsce centralnej i południowo-wschodniej. Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 70-90%. Mniejszy udział procentowy mają źródła liniowe – do 30% i występuje on przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM10, był mały i nie przekraczał 10%.



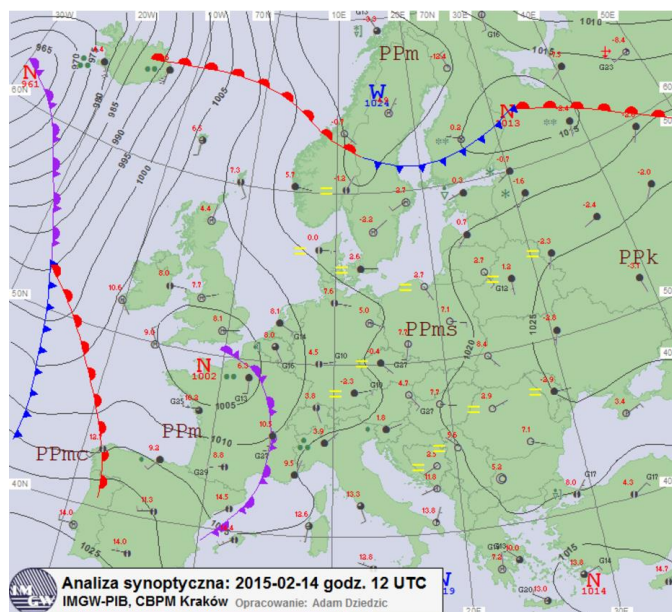
Rysunek 4.2-10. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 2 lutego 2015 r.

O wysokości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (od 80 % do ponad 90%). Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na terenach położonych wzdłuż zachodniej, południowej i południowo-wschodniej granicy Polski jak również zachodnich obszarów województwa lubuskiego i zachodniopomorskiego (od 30% do nawet 50% w pasie przygranicznym), choć w rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM10 jest największy, z reguły stężenia PM10 nie są wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu w Obwodzie Kaliningradzkim oraz nad obszarem Litwy i zachodniej Białorusi.

4.3. Epizod 3. Od 13 do 15 lutego 2015 r.

Sytuacja synoptyczna

Polska znajdowała się pod słabnącym wpływem układu wysokiego ciśnienia, który to sukcesywnie oddalał się w kierunku wschodnim. Nad obszarem kraju od dłuższego czasu zalegały masy powietrza polarno-morskiego starego, powstałego w wyniku wędrówki mas powietrza polarno-morskiego ciepłego nad basenem Morza Bałtyckiego oraz południowej Szwecji. Spowodowały one wystąpienie umiarkowanego zachmurzenia w północnej części kraju, nie odnotowano jednak opadów. Temperatura wynosiła od 8°C w południowo-wschodniej części kraju, poprzez około 7°C w Polsce centralnej i południowo-zachodniej do poniżej 3°C w obszarze północnym. Napływ zimnego frontu od północy spowodował wyparcie ciepłych mas powietrza i obniżenie temperatury 15 lutego do wartości bliskich 0°C, a nawet ujemnych. W pierwszych dniach tego okresu niebo było bezchmurne, następnie front ten spowodował całkowite przesłonięcie nieba chmurami. Dominował wiatr wschodni, południowo-wschodni i południowo-zachodni, od słabego do umiarkowanego.



Rysunek 4.3-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 14 lutego 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

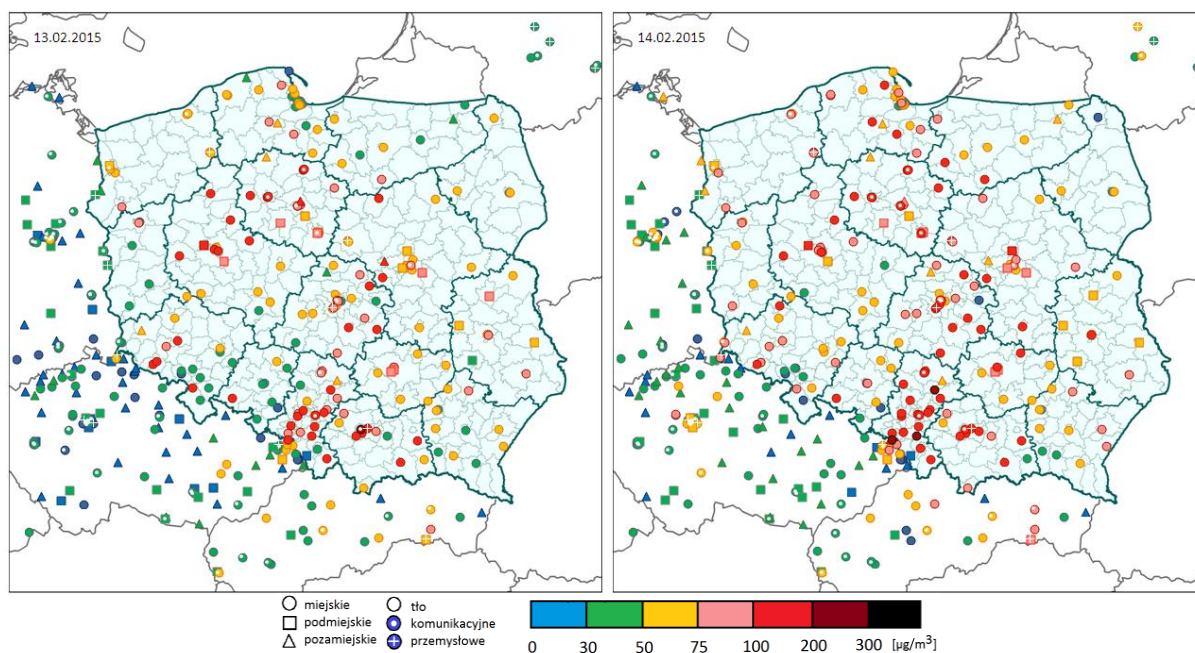
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń PM₁₀ 13-15.01.2015 z różnym natężeniem trwał 3 dni. Obszar występowania wysokich stężeń zmieniał się do pewnego stopnia w kolejnych dniach. Początkowo podwyższone stężenia PM₁₀ notowane były we wszystkich województwach, w ostatnim dniu epizodu podwyższone stężenia nie obejmowały północno-wschodniego fragmentu Polski.

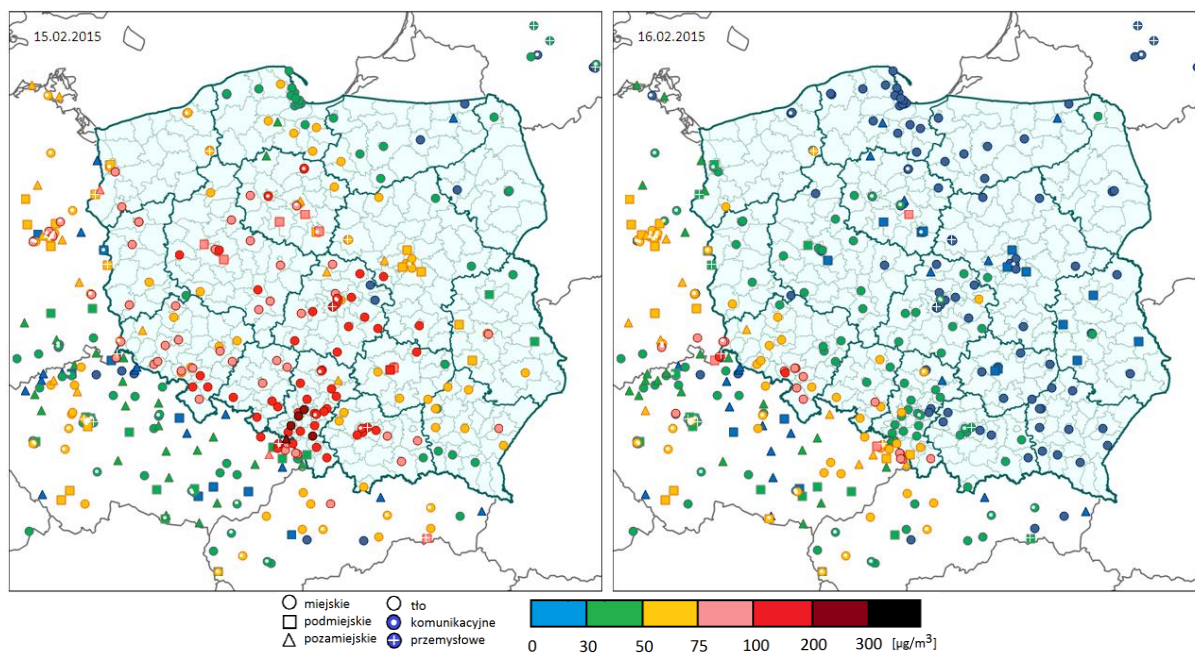
W dniu 13.02.2015 r. stężenia większe od 75 µg/m³ przeważały w woj. śląskim, małopolskim, kujawsko-pomorskim i wielkopolskim, ale i w innych województwach poza

podlaskim występowały takie stężenia na jednym lub kilku stanowiskach. W drugim, kulminacyjnym dniu epizodu, obszar występowania wysokich stężeń zasadniczo się nie zmienił, natomiast wrosły wartości stężeń. W tym dniu poziom epizodu przekroczony był na 58% stacji w kraju, a na 3 stacjach w woj. śląskim przekroczony został poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W kolejnym dniu (15.02.2015 r.) obszar występowania wysokich stężeń w miastach przesunął się na zachód, obejmując również wschodnią część Niemiec. Przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły też na kilku stacjach tła w Czechach.

Podczas trwania epizodu wystąpiło osiem przypadków przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W dniu 13.02.2015 r. przekroczenie takie wystąpiło na stanowisku komunikacyjnym w Krakowie, w dniu 14.02.2015 r. na trzech stanowiskach w woj. śląskim (Godów – $202 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Myszków – $229 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Pszczyna – $278 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w dniu 15.02.2015 r. na 4 stanowiskach w woj. śląskim (Knurów – $213 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Pszczyna – $272 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Rybnik – $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Zabrze – $232 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom alarmowy ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nie był przekroczony na żadnej stacji. Wybrane informacje o stężeniach PM10 podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.3-1.



Rysunek 4.3-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 13-14.02.2015 r.



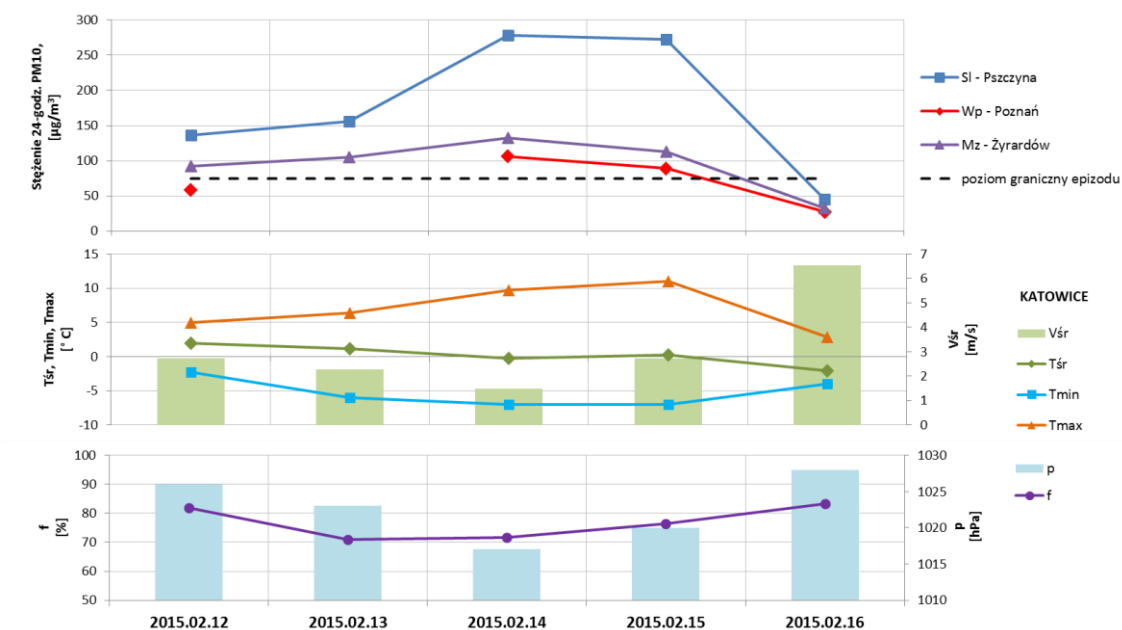
Rysunek 4.3-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 15-16.02.2015 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 14.02.2015 r. W tym dniu Polska znajdowała się pomiędzy niżej znad kanału La Manche a wyżej z centrum nad południową Rosją, w obszarze z niskim gradientem ciśnienia atmosferycznego. Wiatr był słaby, okresowo występowała cisza, mgła i zamglenie. Niebo było bezchmurne, co skutkowało znaczną amplitudą dobową temperatury powietrza. Temperatura powietrza wynosiła od -6 °C w nocy do +10 °C w dzień (Katowice). Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się w ciągu części dnia inwersji temperatury w dolnej warstwie atmosfery (rys. 4.3-5). Emisja zanieczyszczeń z niskich kominów i komunikacji samochodowej powodowała kumulacje zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowanie wysokich stężeń PM₁₀. Podwyższone (większe od 50 µg/m³) i wysokie (większe od 75 µg/m³) stężenia PM₁₀ wystąpiły we wszystkich województwach, przy czym najwyższe stężenia notowane były w woj. śląskim. Stosunkowo najniższe stężenia (poniżej poziomu epizodu) utrzymywały się w woj. podlaskim i na większości terytorium woj. warmińsko-mazurskiego (na stacjach miejskich i pozamiejskich). Jak wspomniano wyżej, najwyższe stężenia i najwięcej stanowisk z S₂₄>75 µg/m³ wystąpiło w woj. śląskim. Przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły licznie również na terenie województwa łódzkiego, małopolskiego, mazowieckiego, kujawsko-pomorskiego i pomorskiego (Rys.4.3-2). Na trzech stanowiskach w woj. śląskim (Godów – 202 µg/m³, Myszków – 229 µg/m³, Pszczyna - 278 µg/m³) przekroczony został poziom informowania (200 µg/m³). Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 88% stanowisk w Polsce, w tym na 87% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na wszystkich stanowiskach tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 57% stanowisk w kraju (na 86% stanowisk z woj. śląskiego), w tym na 57% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczenia poziomu epizodu zarejestrowano na jednym stanowisku (11%). Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na stacji w Pszczynie (278 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 59 stanowiskach w 12 województwach, w tym na

19 z 20 stanowisk miejskich w woj. śląskim. Na 70% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim – $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

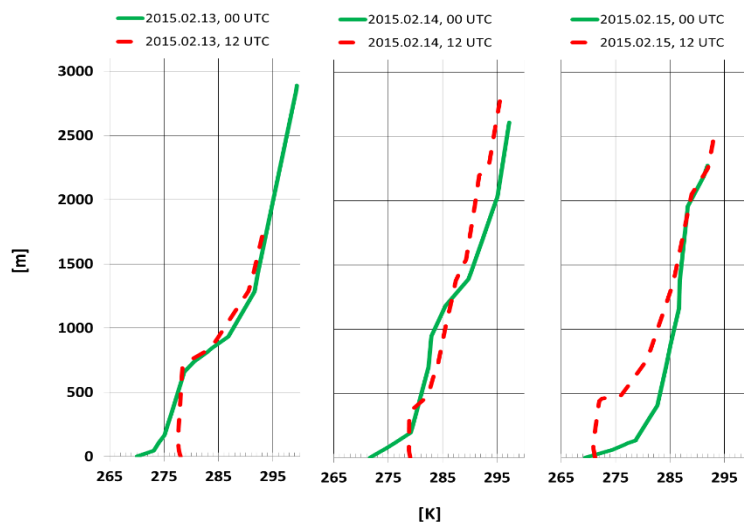
Tabela 4.3-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 13-15.02.2015 r.

	Jedno -stka	13.02.2015	14.02.2015	15.02.2015
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	73.9	87.9	83.8
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	76	88	79
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	38	57	50
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	46	70	59
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	206	278	272
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	72.6	86.8	83.8
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	75	87	78
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	37	57	52
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	161	278	272
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	60.3	63.4	55.6
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	60	100	67
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	20	11	11
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	111	92	77
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	1	2	1
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	1	4	9
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	1



Rysunek 4.3-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 13-15.02.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, nr stacji: 12374).

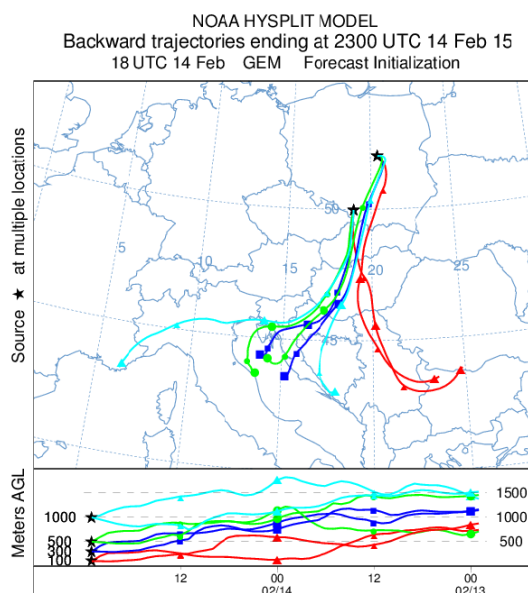


Rysunek 4.3-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Legionowie w dniach 13-15.02.2015 r.

Na podstawie wykresów temperatury potencjalnej można określić, iż charakter równowagi atmosfery dla tego okresu był mocno zbliżony. Dominowała równowaga stała, z wyłączeniem warstwy przyziemnej, gdzie za dnia występowała równowaga chwiejna bądź obojętna. Warty zauważenia jest znaczny spadek temperatury pomiędzy dniem oraz nocą trzeciego dnia epizodu w warstwie przyziemnej. Na wysokości około 500 m pierwszego i ostatniego dnia tego okresu zauważalna była inwersja podniesiona - osiadania, natomiast w

warstwie przyziemnej inwersja radiacyjna. W pierwszych dwóch dniach tego okresu występowała znaczna różnica pomiędzy temperaturą przy powierzchni ziemi za dnia i w nocy, od -3°C w nocy do 6°C w dzień, natomiast ostatniego dnia okresu wahanie to było mniejsze, od -4°C do 2°C.

Trajektorie wsteczne

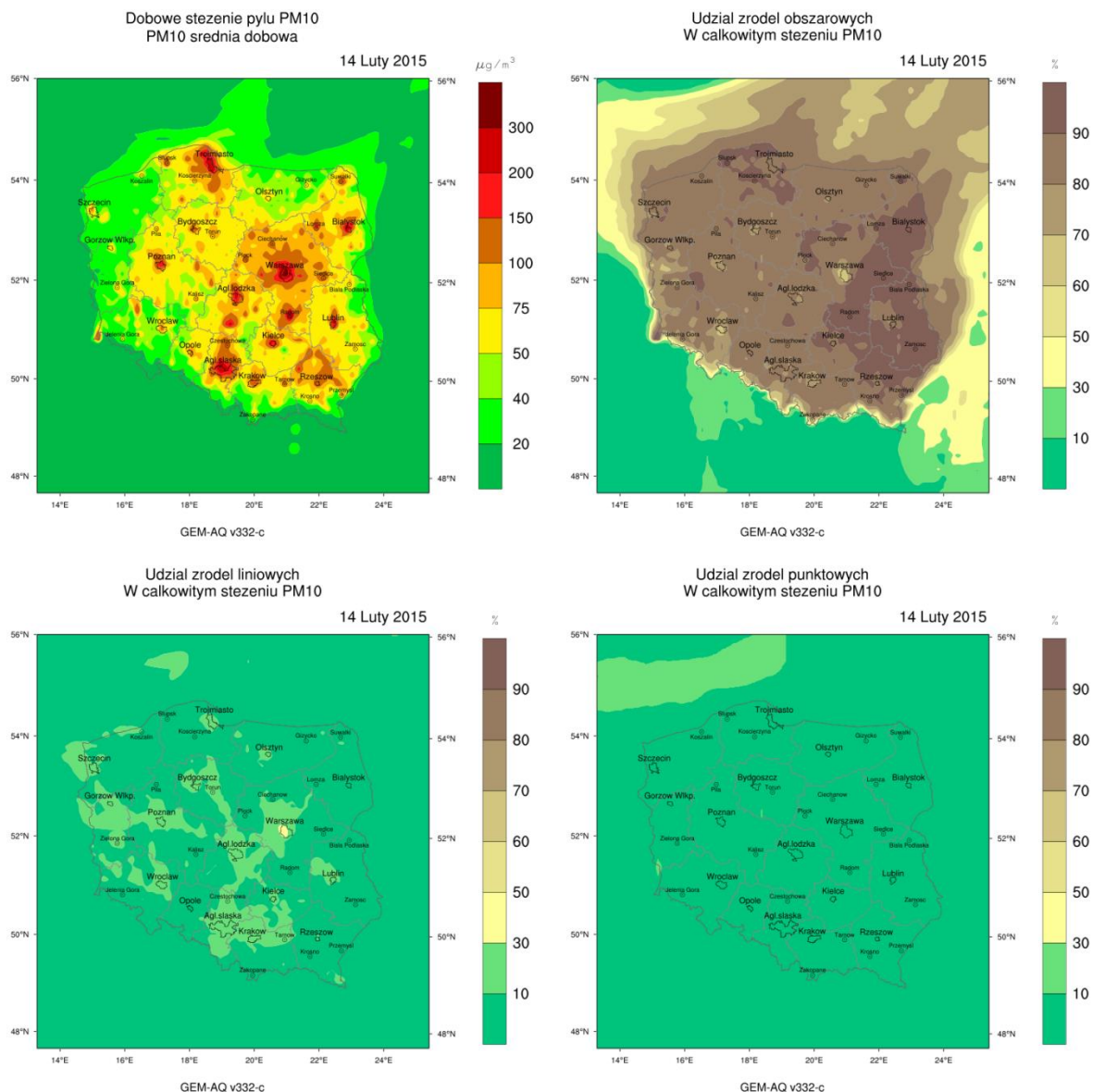


Rysunek 4.3-6 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 14 lutego 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (14.02.2015 r.) dla miejscowości: Pszczyna ($278 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim oraz Żyrardów ($132 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. mazowieckim. Mają one dla obu wymienionych lokalizacji zbliżony kształt na poszczególnych wysokościach. Powietrze na wszystkich uwzględnionych poziomach napłynęło z kierunku południowego. Trajektorie 100 m biorą swój początek w rejonie północnej Bułgarii. Wiatr, początkowo wschodni, zmienił swój kierunek na południowy. Nad Żyrardów powietrze bezpośrednio napłynęło z centralnej Polski: województwa mazowieckiego oraz świętokrzyskiego. W przypadku Pszczyny napływ w ostatnich 12 godzinach nastąpił z obszaru Węgier oraz Słowacji.

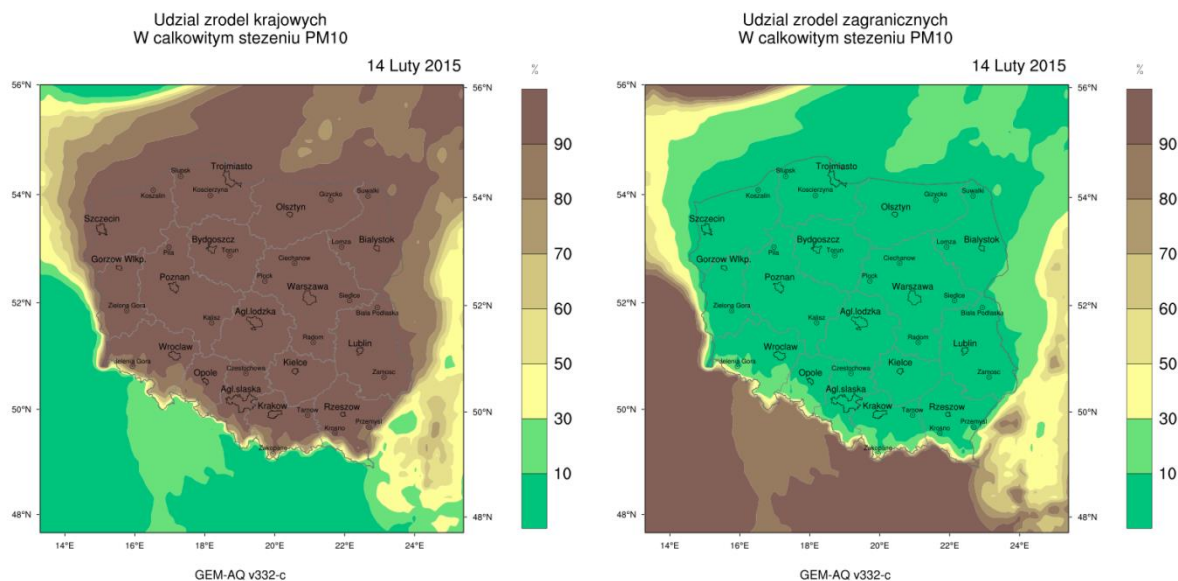
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM10 w dniu 14.02.2015 r. uzyskany na drodze modelowania matematycznego wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na terenie całego kraju, z wyłączeniem obszarów Polski zachodniej i północno-zachodniej oraz terenu województwa warmińsko-mazurskiego. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku Bydgoszcz-Katowice, A2 i A4 na odcinku Legnica-Wrocław i Katowice-Tarnów oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8.



Rysunek 4.3-7. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 14 lutego 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi - do 90% wartości stężenia dobowego, zwłaszcza w obszarze wschodniej Polski. Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 70-90%. Procentowy udział źródeł liniowych nie jest wysoki – przeważnie 10-30% i ma on miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM10, był mały i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.3-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 14 lutego 2015 r.

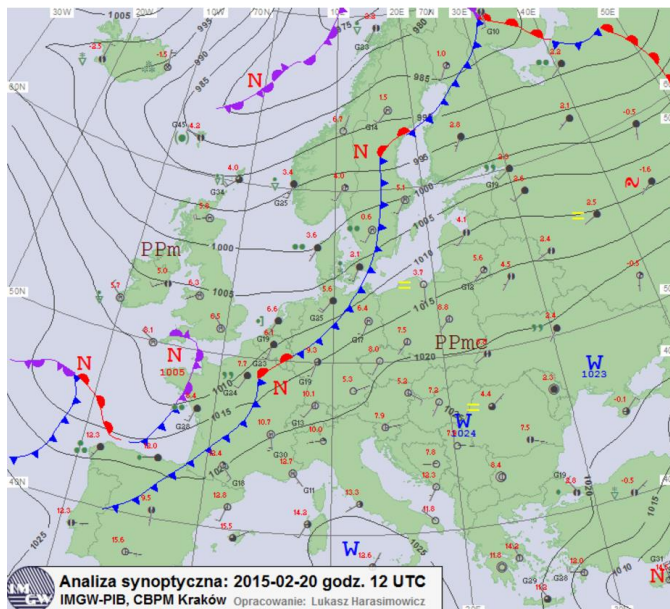
Decydujące znaczenie w wysokości stężeń pyłu PM₁₀ w Polsce miała przede wszystkim jego emisja z terenu Polski - udział do 90%. Wyniki modelowania wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na terenach położonych wzdłuż południowo-zachodniej, południowej i południowo-wschodniej granicy Polski (30%, a w pasie przygranicznym nawet 50%), choć w rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM₁₀ jest największy, z reguły stężenia PM₁₀ nie są wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu we wschodniej Meklemburgii, na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego oraz nad obszarem Litwy i zachodniej Białorusi (50-90%).

4.4. Epizod 4. Od 17 do 23 lutego 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Słowacja, Czechy)

Sytuacja synoptyczna

W okresie tym Polska znajdowała się w obszarze oddziaływania słabnącego układu wyżowego mającego swoje centrum nad Morzem Tyrreńskim, który to stale przemieszczał się w kierunku południowo-zachodnim, ustępując miejsca rozbudowanemu układowi północno-zachodniego niżu. Obecne było powietrze polarne morskie ciepłe, które przyniosło wzrost temperatury względem początku analizowanego okresu o około 3°C. Powietrze to było wypierane jednak z północnego-zachodu przez front chłodny znajdujący się w tym czasie nad obszarem Europy środkowej i środkowo-zachodniej, oraz Skandynawii. W większej części kraju odnotowano temperatury 8-9°C, niższe w obszarze północnym - około 4°C. Panowało

umiarkowane zamglenie w Polsce północnej i brak opadów na obszarze całego kraju z pominięciem 19 lutego, kiedy to przechodzący front ciepły przyniósł przelotny opad deszczu w północno-wschodniej części kraju. W połowie rozpatrywanego okresu ustąpiło całkowicie zachmurzenie, które na początku było całkowite lub bliskie całkowitemu. Znaczne zachmurzenie powróciło w drugiej połowie tego okresu. Przeważały wiatry słabe, południowe i południowo-zachodnie.



Rysunek 4.4-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 20 lutego 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

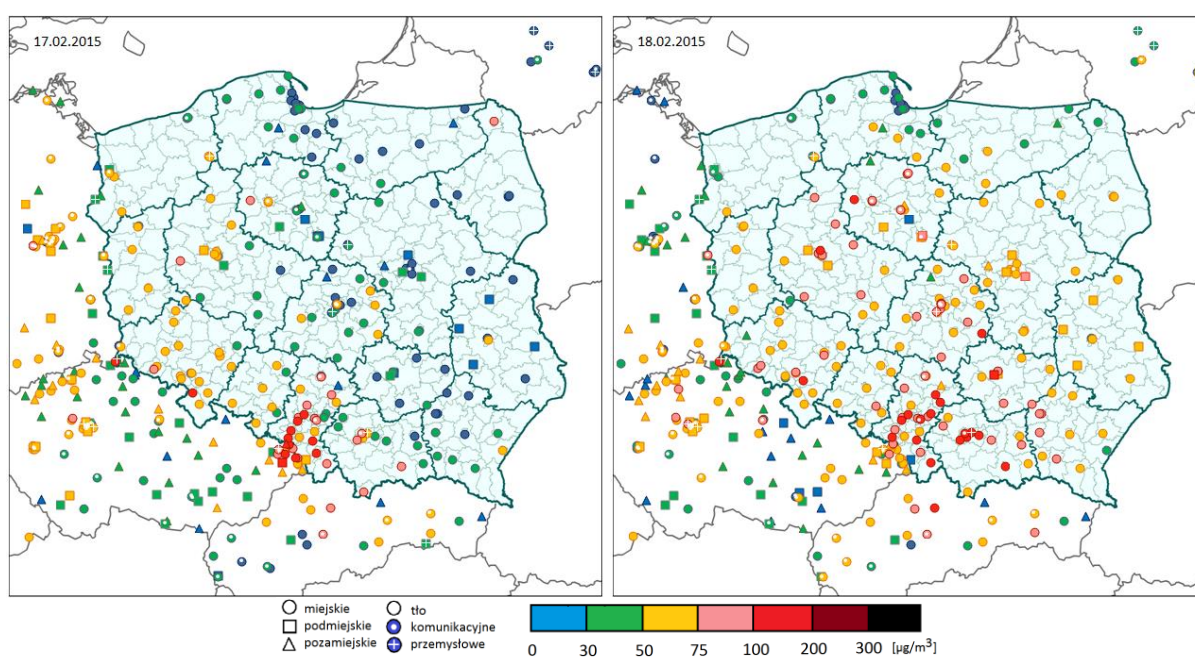
Zasięg występowania wysokich stężeń pyłu PM10 podczas epizodu z okresu 17-23.01.2015 r. zmieniał się w kolejnych dniach (rys. 4.4-2 - rys. 4.4-5). Początkowo wysokie stężenia PM10 notowane były głównie w woj. śląskim, w okolicach Ostrawy w Czechach i na Słowacji. W drugim dniu podwyższone stężenia PM10 wystąpiły na całym terytorium Polski z wyłączeniem krańców północnych. Wysokie stężenia miały miejsce głównie na południu i w centrum kraju. W trzecim dniu epizodu (19.02.2015 r.) stężenia w północnej części Polski obniżyły się poniżej poziomu dopuszczalnego. Jednocześnie stężenia pyłu wzrosły powyżej poziomu epizodu na niektórych stacjach w woj. dolnośląskim i opolskim oraz utrzymywały się na wysokim poziomie w woj. śląskim i małopolskim. W Czechach wystąpiły podwyższone stężenia PM10, a na Słowacji podwyższone i wysokie.

W kolejnym, kulminacyjnym dniu epizodu podwyższone stężenia PM10 wystąpiły na całym terytorium Polski, a wysokie stężenia, przekraczające poziom epizodu, notowane były w centrum, na wschodzie i na południu kraju, na północy i zachodzie Polski stężenia były niższe. Na Słowacji i w Czechach nastąpił wzrost stężeń PM10. W kolejnym dniu, zarówno w Polsce, jak i w Czechach i na Słowacji stężenia PM10 obniżyły się. W następnym dniu (22.02.2015 r.) miał miejsce ponowny wzrost stężeń w południowo-wschodniej Polsce. W części północnej i zachodniej stężenia obniżyły się. Obniżyły się też stężenia w Czechach i na

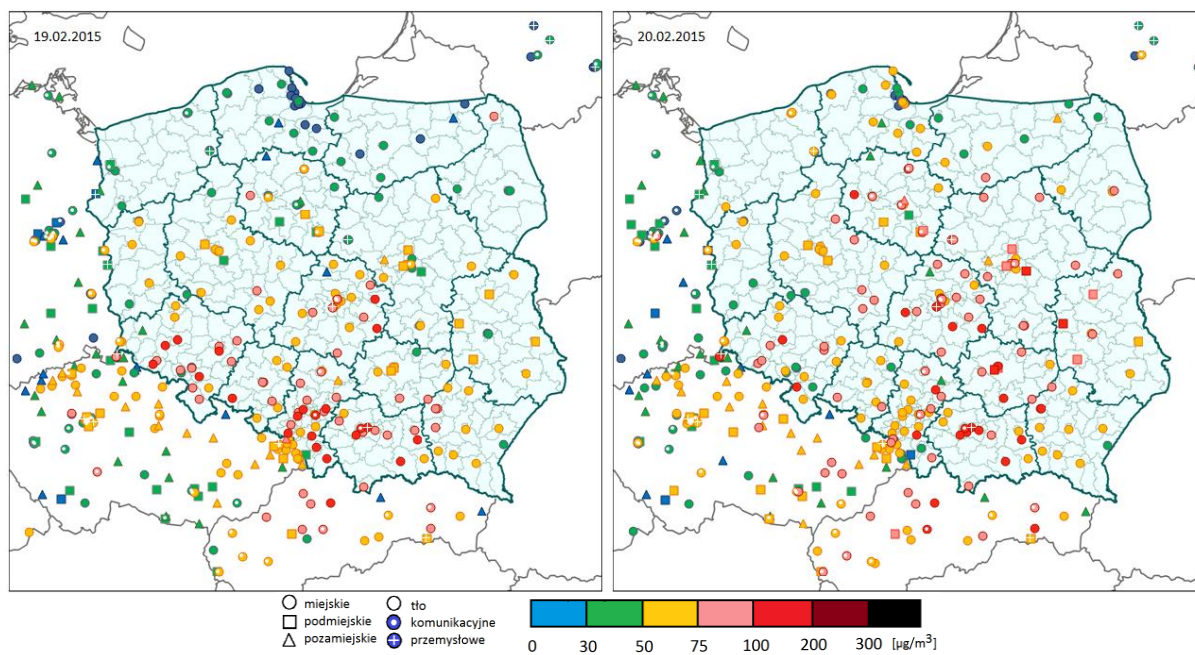
Słowacji, ale w dalszym ciągu notowane były tam nieliczne przypadki przekroczeń poziomu epizodu.

W ostatnim dniu epizodu stężenia w woj. śląskim i łódzkim obniży się, aczkolwiek wciąż w wielu miejscach przekroczony był poziom epizodu. Obszar występowania najwyższych stężeń przesunął się na wschód – na teren woj. lubelskiego. W tym dniu w Czechach stężenia nie przekraczały poziomu dopuszczalnego ($D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a na Słowacji nie przekraczały poziomu epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

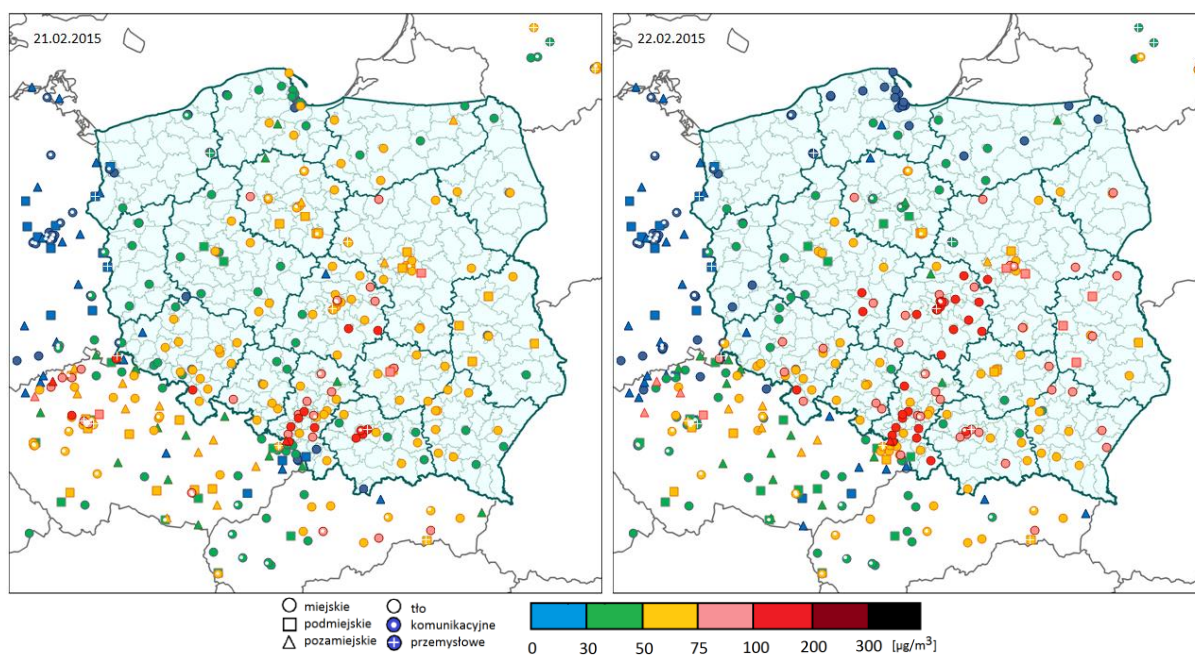
Podczas trwania epizodu poziomy: informowania i alarmowy nie były przekroczone.



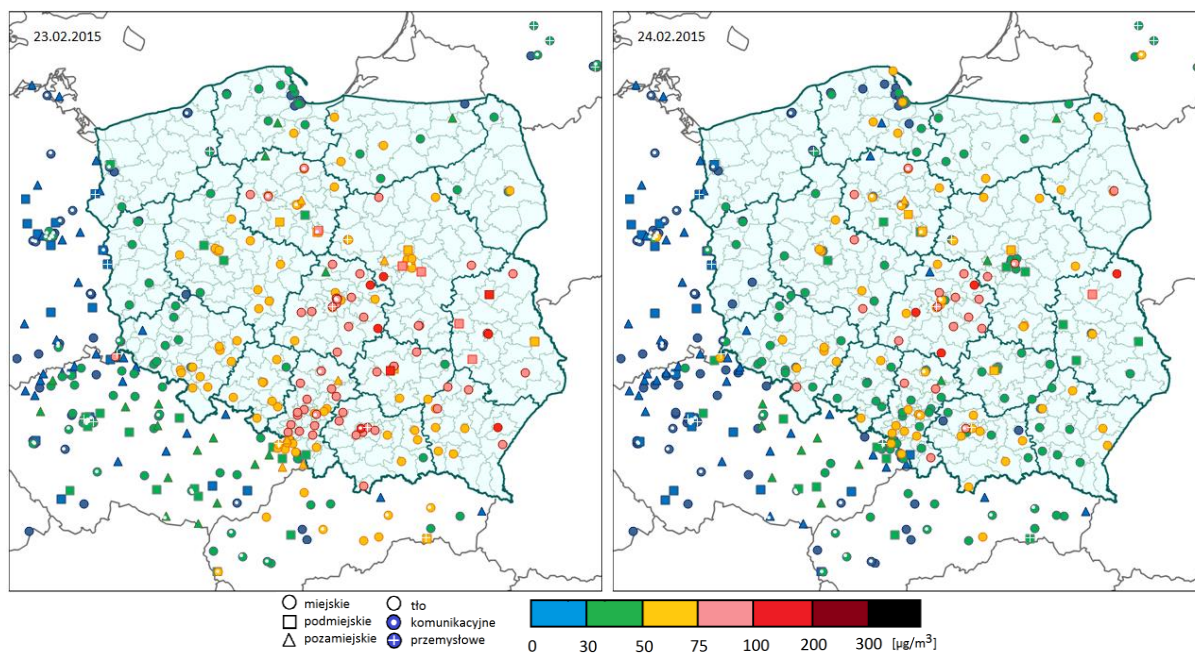
Rysunek 4.4-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 17-18.02.2015 r.



Rysunek 4.4-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 19-20.02.2015 r.



Rysunek 4.4-4. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 21-22.02.2015 r.

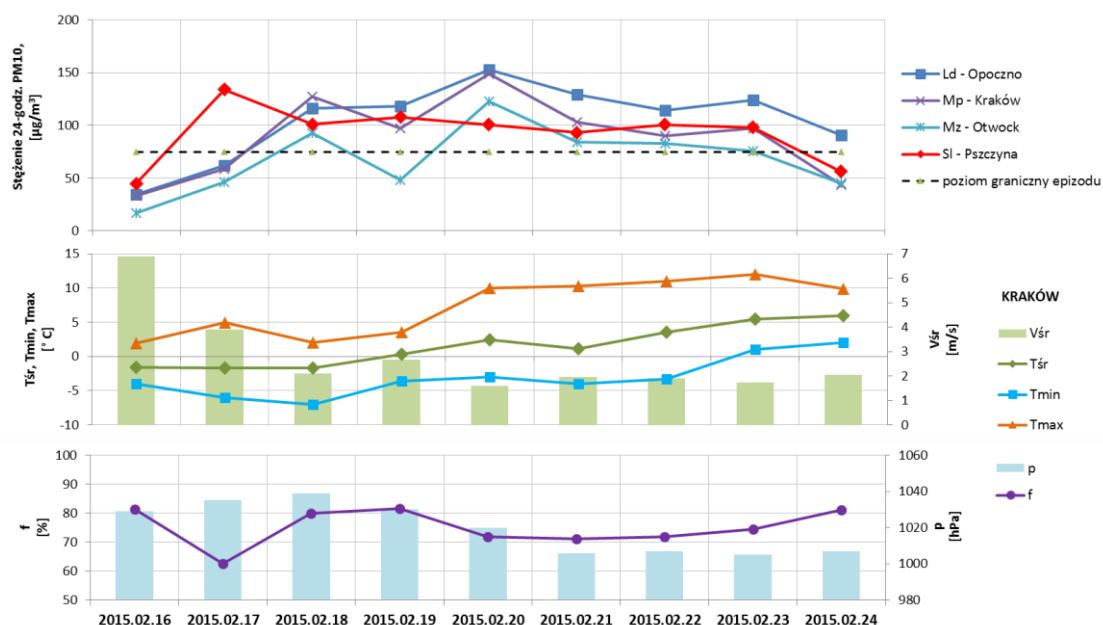


Rysunek 4.4-5. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 23-24.02.2015 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 20.02.2015 r. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wyżowego znad południowej Europy i Morza Śródziemnego. Wiatr był słaby, okresowo umiarkowany, w nocy okresowo występowało zamglenie. Stężenia większe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły we wszystkich województwach. Wysokie stężenia, przekraczające poziom epizodu, notowane były w centrum, na wschodzie i na południu kraju. Najwyższe stężenia, przekraczające $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były najczęściej w woj. małopolskim. Stosunkowo najniższe stężenia (poniżej poziomu epizodu) utrzymywały się na północy i zachodzie kraju. Najwyższe stężenia dobowe na stacjach tła dochodziły do $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na stacjach komunikacyjnych do $167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – poziom informowania i alarmu nie był w Polsce przekroczony. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 80% stanowisk w Polsce, w tym na 82% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 33% stanowiskach tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 41% stanowisk w kraju (na 73% stanowisk z woj. łódzkiego), w tym na 40% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczenia poziomu epizodu zarejestrowano na jednym stanowisku (11%). Najwyższe stężenia dobowe na stacjach tła miejskiego wystąpiły w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim ($159 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Opocznie w woj. łódzkim ($153 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 23 stanowiskach w 9 województwach. Na 40% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 4.4-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 17-22.02.2015 r.

	Jedno- stka	17.02.2 015	18.02.2 015	19.02.2 015	20.02.2 015	21.02.2 015	22.02.2 015	23.02.2 015
Wszystkie stanowiska w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	47.5	69.2	63.3	71.6	59.4	64.0	63.7
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	37	81	65	80	65	65	70
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	12	31	29	41	14	35	32
% stanowisk z S24>S95	%	9	29	22	40	11	28	21
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	164	174	163	167	192	199	137
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	48.1	69.4	64.3	71.4	59.2	65.7	63.9
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	38	83	68	82	65	68	71
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	12	32	31	40	14	36	32
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	164	174	163	159	192	199	137
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	25.0	47.6	37.4	50.8	43.3	31.2	42.9
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	33	22	33	33	11	33
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	11	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	43	70	65	75	69	56	70
Stanowiska tła poza granicami Polski								
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	3	6	7	2	1	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	8	3	2	4	9	5	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0	0	0

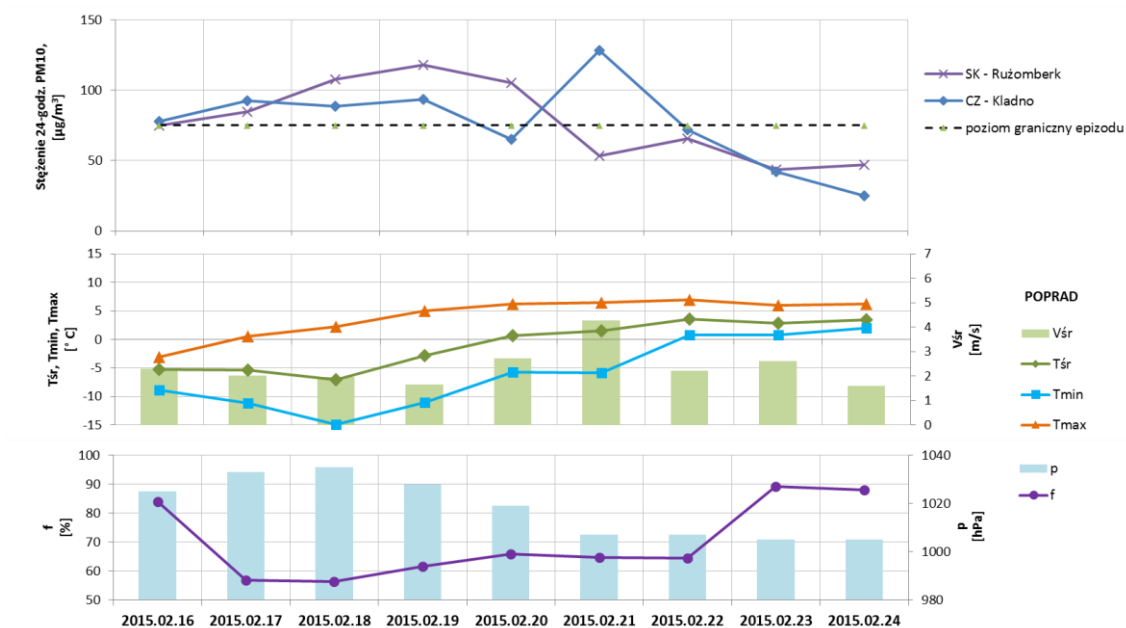


Rysunek 4.4-6. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniach 17-22.02.2015 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były w Czechach i na Słowacji. W Czechach najwięcej przekroczeń poziomu epizodu wystąpiło w dniach 17.02.2015 r. oraz 21.02.2015 r. W pierwszym terminie przekroczenia miały miejsce głównie w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy. Stężenia 24-godz. PM10 dochodziły tam wówczas do $128 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W dniu 21.02.2015 r. przekroczenia wystąpiły głównie w północnych Czechach w pobliżu granicy z Niemcami.

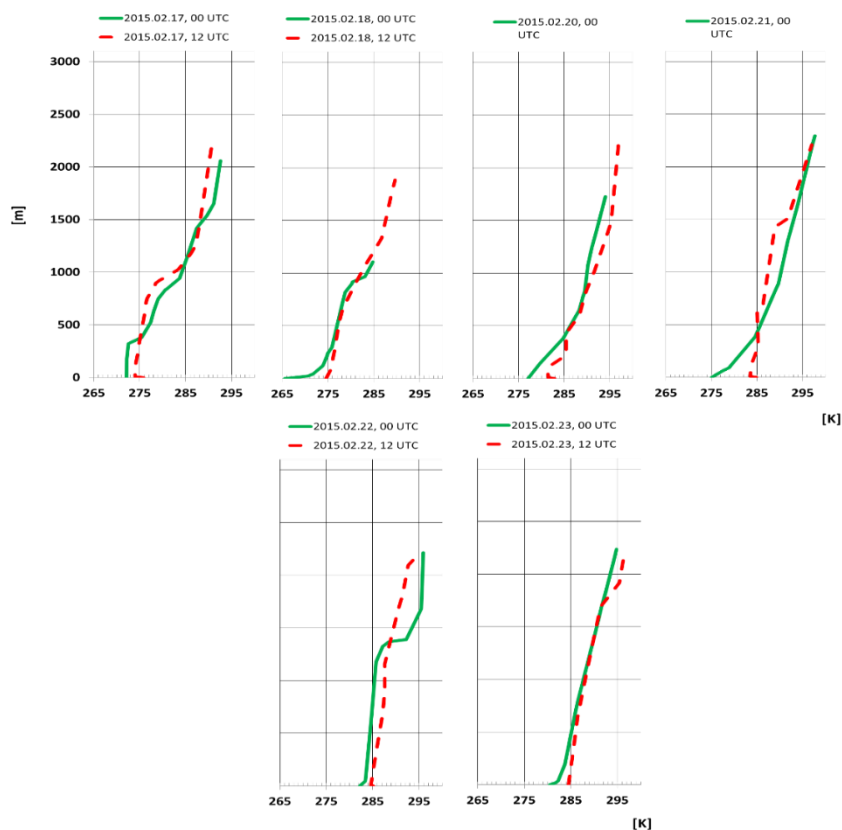
Na Słowacji najwyższe stężenia notowane były w dniach 19-20.02.2015 r. Stężenie w Rużomberku wynosiło wówczas $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.4-7. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach i na Słowacji oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Popradzie

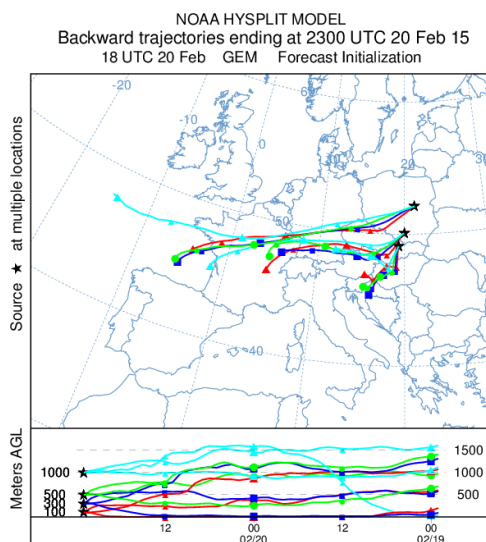
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 13-15.02.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Poprad (Słowacja, nr stacji: 11952).

Wykorzystując wykresy temperatury potencjalnej można określić, iż w tym czasie przeważała kształtująca się równowaga stała, najlepiej widoczna w dwóch ostatnich dniach tego okresu. Wyjątek stanowiła warstwa przyziemna, gdzie w niektórych dniach można zauważyć równowagę chwiejną oraz równowagę obojętną. Choć mogłoby się wydawać, iż warunki panujące nad warstwą graniczną atmosfery wskazują na rozwijanie się inwersji wyżowej, to mają one bardziej związek z pojawianiem się inwersji frontowej i wyżowej występujących po sobie i mającymi związek z przechodzącymi frontami, natomiast w warstwie przyziemnej występowała słabnąca inwersja radiacyjna. Sondaż wskazuje również na silne wahania temperatur przy ziemi pomiędzy dniem a nocą, różnice sięgały nawet 10°C i malały wraz z rozwojem epizodu.



Rysunek 4.4-8. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondażu aerologicznych w Popradzie w dniach 17-23.02.2015 r.

Trajektorie wsteczne



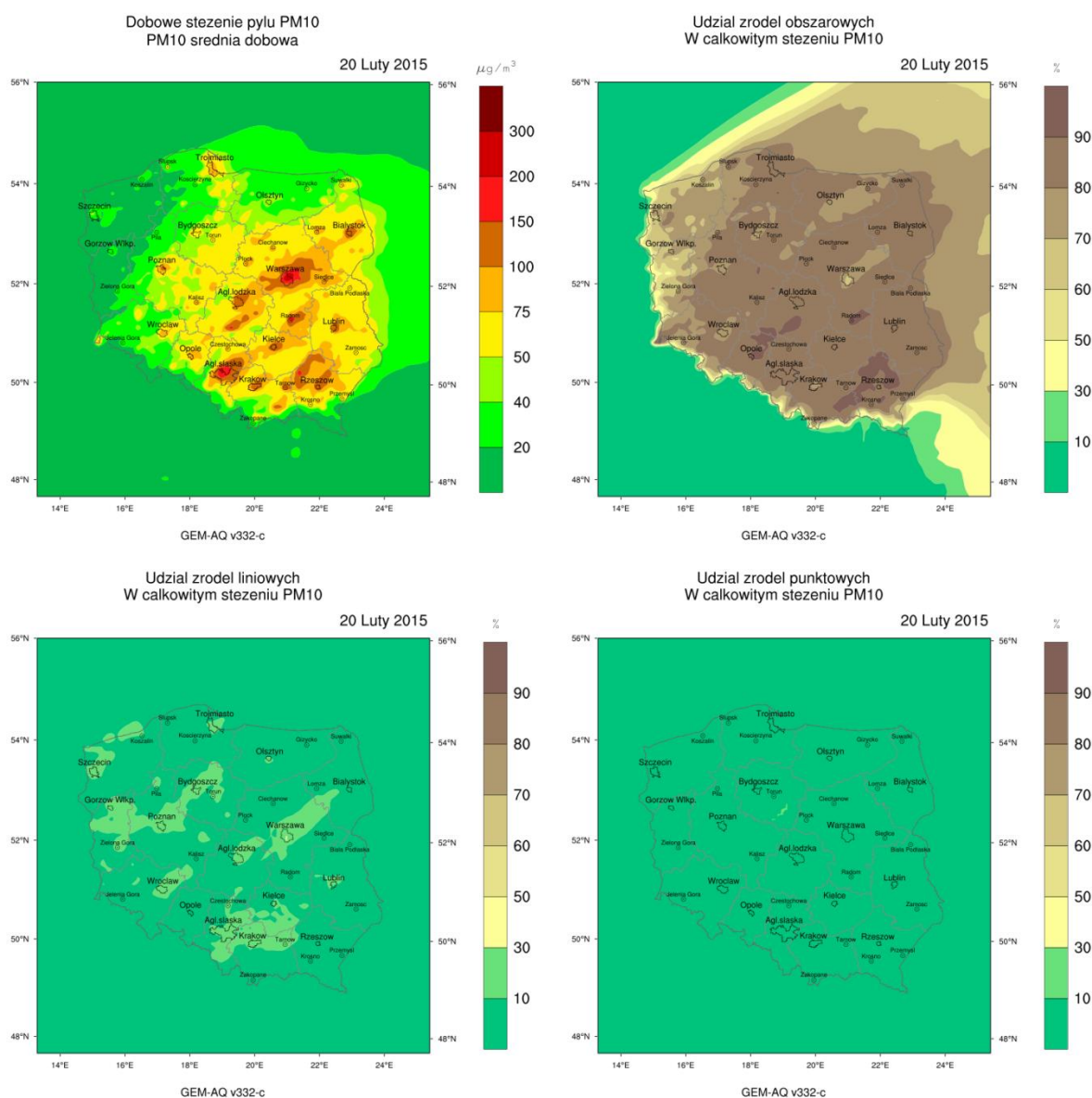
Rysunek 4.4-9. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 20 lutego 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (20.02.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀: Krakowa (149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),

Otwocka (123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. mazowieckim oraz Rużomberku (105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) położonego na Słowacji.

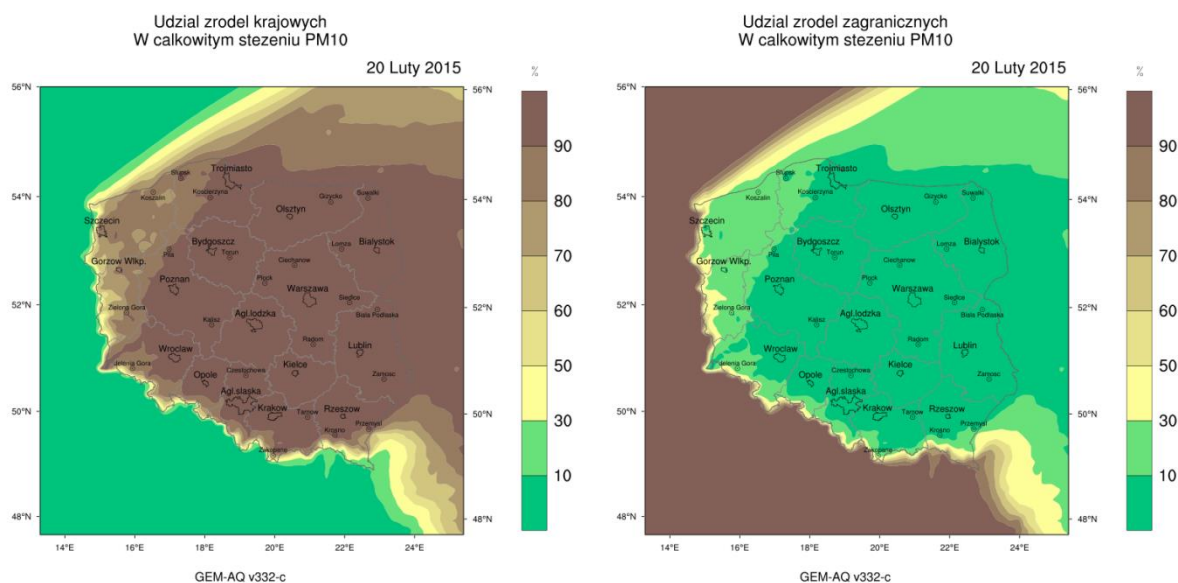
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Rozkład stężeń pyłu PM10 modelowany dla dnia 20.02.2015 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz ich otoczeniu w centrum kraju oraz w Polsce południowej i południowo-wschodniej. Obliczenia ukazują również lekko podwyższone stężenie PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A2 na odcinku Słubice-Poznań i A4 między Krakowem, a Tarnowem oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8 na odcinku Warszawa-Białystok.



Rysunek 4.4-10. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 20 lutego 2015 r.

Wyniki modelowania wskazują na przeważający udział powierzchniowych źródeł emisji pyłu i jego prekursorów (60-90%) przy miejscowo zauważalnym współudziale źródeł liniowych (10-30%), zaznaczających się w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1, nr 8 oraz autostrady A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach, gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀, był nieznaczny i nie przekraczał 10%.



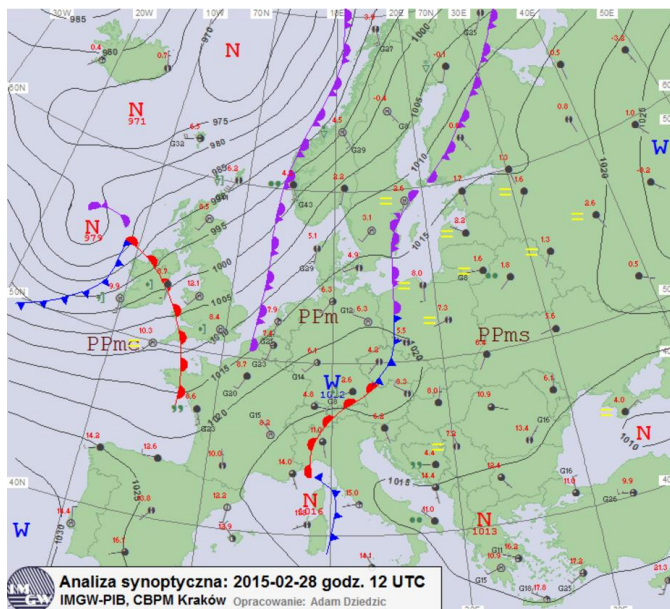
Rysunek 4.4-11. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 20 lutego 2015 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju nie był znaczny i osiągał wartości maksymalnie do 10%. Wyjątkiem były tereny położone wzdłuż zachodniej i południowej granicy Polski, gdzie w pasie przygranicznym sięgał on 50%. Na terenie województwa lubuskiego, zachodniopomorskiego i zachodniej części województwa pomorskiego procentowy udział źródeł zagranicznych osiągał wartość do 30%. Należy jednak zwrócić uwagę, że w rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM₁₀ był największy, stężenia PM₁₀ z reguły nie były wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu w Obwodzie Kaliningradzkim oraz nad obszarem Litwy, zachodniej Białorusi i Ukrainy - do 90% oraz do 60% nad obszarem północnej Mołdawii.

4.5. Epizod 5. Od 25 lutego do 1 marca 2015 r.

Sytuacja synoptyczna

W tym czasie nad Polską dominował słabnący wyż znad Europy wschodniej i obszaru Azorów, wypierany przez niż mający swe centrum nad Morzem Norweskim i obszarem Islandii. Od północnego-zachodu wpływał front zokludowany powstały nad Morzem Północnym w pierwszych dniach rozpatrywanego okresu, natomiast od południowego zachodu napływał front chłodny. Niosły one świeże masy powietrza polarnego morskiego na miejsce zalęgającego powietrza polarnego morskiego starego, wypieranego na wschód. Temperatury w tym okresie wynosiły od 8°C w północnej części kraju do 5-6°C na południowym zachodzie. Występowało umiarkowane zamglenie w Polsce północnej i środkowej oraz brak opadów na terenie całego kraju. Dominowało zachmurzenie duże i całkowite oraz wiatr słaby (na granicy z ciszą) z kierunków: zachodniego, południowego oraz południowo-zachodniego.



Rysunek 4.5-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 28 lutego 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

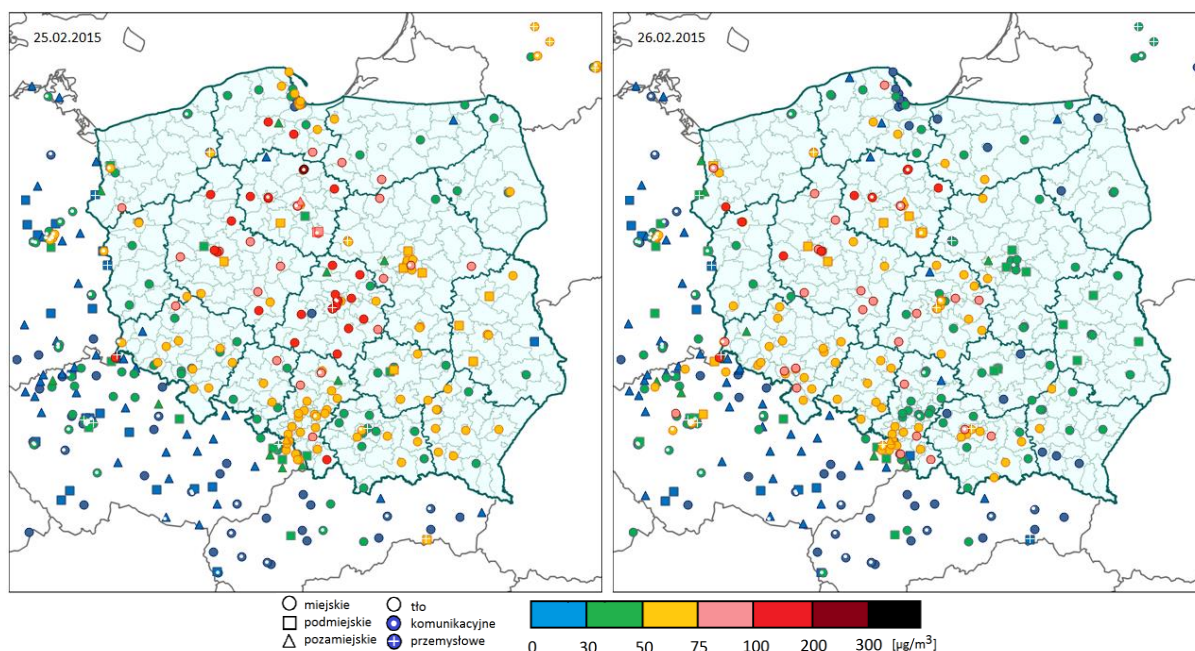
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Zasięg występowania wysokich stężeń podczas epizodu z okresu 25.02-01.02.2015 r. zmieniał się w kolejnych dniach (rys. 4.5-2 - rys. 4.5-4). Początkowo wysokie stężenia PM₁₀ notowane były głównie w woj. łódzkim, wielkopolski i kujawsko-pomorskim. W drugim dniu stężenia PM₁₀ w centrum kraju obniżyły się, a wzrosły na niektórych stacjach na zachodzie Polski. W kolejnym dniu podwyższone stężenia PM₁₀ zarejestrowano na większości terytorium kraju, wysokie stężenia przekraczające poziom epizodu wystąpiły (dodatkowo w stosunku do sytuacji z poprzednich dni) na wielu stacjach w woj. śląskim i dolnośląskim. W czwartym, kulminacyjnym dniu epizodu, obszar występowania wysokich stężeń przesunął się na wschód i objął między innymi miasta w woj. śląskim, łódzkim, mazowieckim,

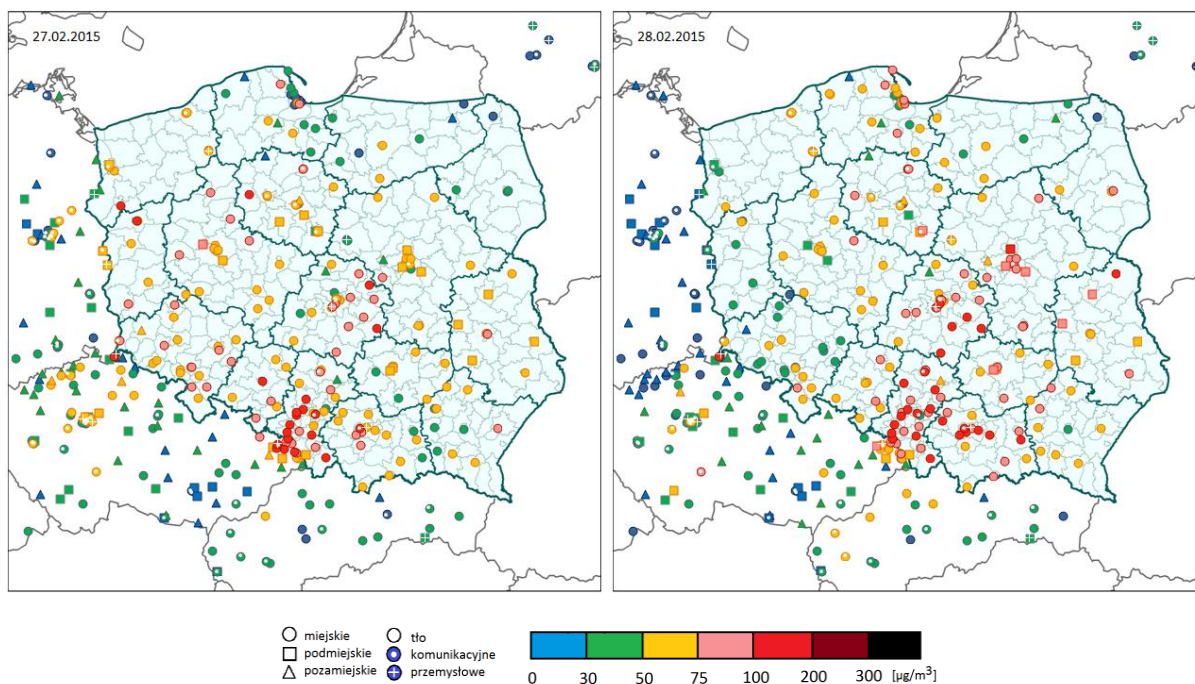
świętokrzyskim i lubelskim. W dniu 1.03.2015 podwyższone stężenia utrzymywały się w południowo-wschodniej części Polski, wysokie stężenia wystąpiły na kilkunastu stanowiskach, głównie w woj. śląskim i łódzkim.

W dniach 26.02-1.03.2015 przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły także na od 1 do 8 stanowisk tła w Czechach.

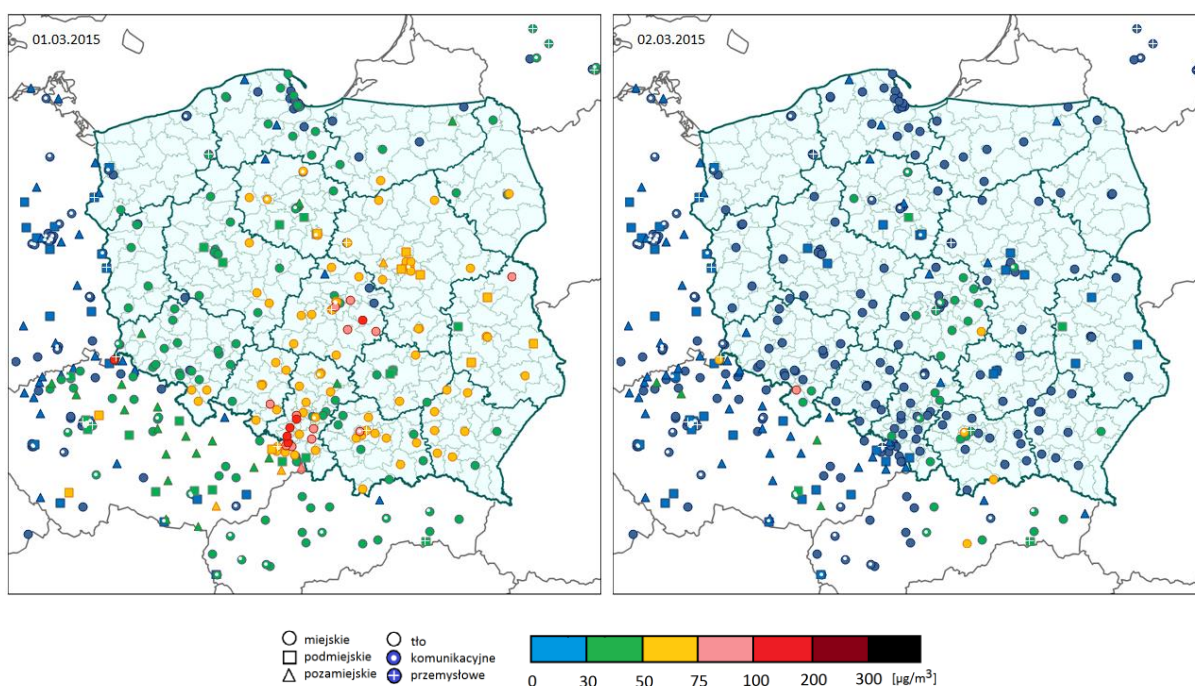
Podczas trwania epizodu poziom informowania przekroczony był jeden raz – na stacji komunikacyjnej w Grudziądzu, gdzie w dniu 25.02.2015 r. zarejestrowano stężenie 24-godz 211 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wyniki pomiarów stężeń PM10 nie wskazują na przekroczenie poziomu alarmowego.



Rysunek 4.5-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 25-26.02.2015 r.



Rysunek 4.5-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 27-28.02.2015 r.



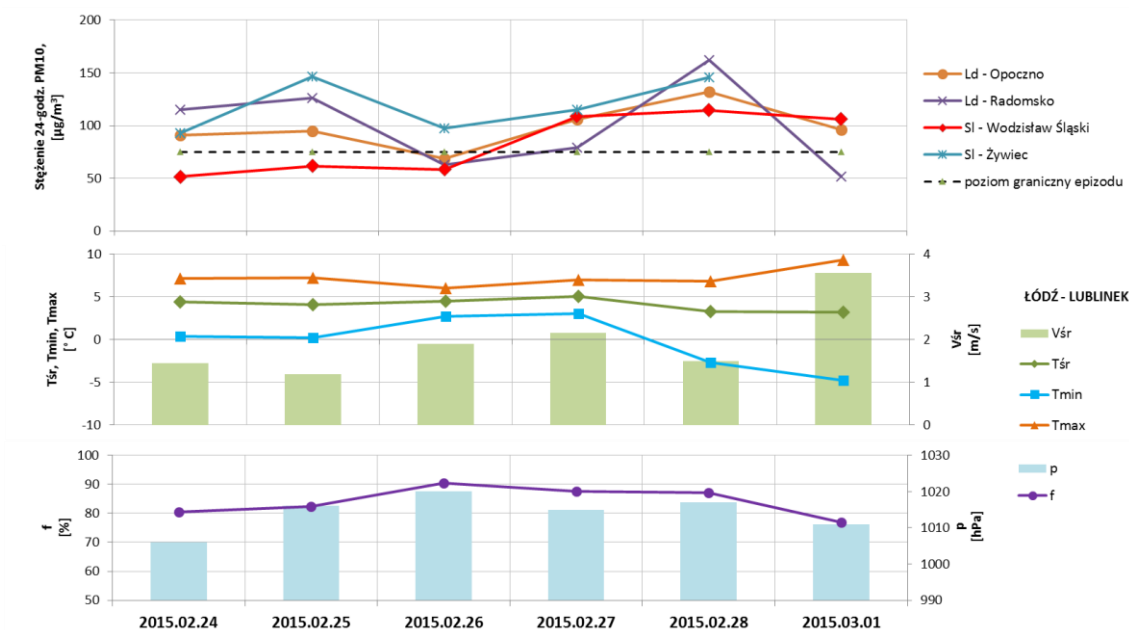
Rysunek 4.5-4. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 1-2.03.2015 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 28.02.2015 r. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wysokiego ciśnienia łączącego wyż z nad Hiszpanii z wyżem z nad Rosji. Wiatr był słaby, w nocy utrzymywała się cisza, okresami występowało zamglenie. Temperatura powietrza wynosiła od -1 do +6 °C (Łódź-Lublinek). Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach. Wysokie stężenia,

przekraczające poziom epizodu, notowane były przede wszystkim w woj. śląskim, małopolskim, łódzkim i mazowieckim oraz, na mniejszej liczbie stanowisk, w dalszych 9 województwach. Najwyższe stężenia, przekraczające $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były najczęściej w woj. śląskim i łódzkim. Stosunkowo niskie stężenia (poniżej poziomu epizodu) utrzymywały się na zachodzie i na krańcach północno-wschodnich kraju. Najwyższe stężenia dobowe na stacjach tła dochodziły w tym dniu do $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – poziom informowania i alarmu nie był w Polsce przekroczony. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 80% stanowisk w Polsce, w tym na 83% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 30% stanowiskach tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 39% stanowisk w kraju (na 88% stanowisk z woj. łódzkiego), w tym na 41% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczenia poziomu epizodu nie zarejestrowano. Najwyższe stężenia dobowe na stacjach tła miejskiego wystąpiły w Radomsku w woj. łódzkim ($162 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Myszkowie i Żywcu w woj. śląskim ($146 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $147 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 27 stanowiskach w 6 województwach. Na 38% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

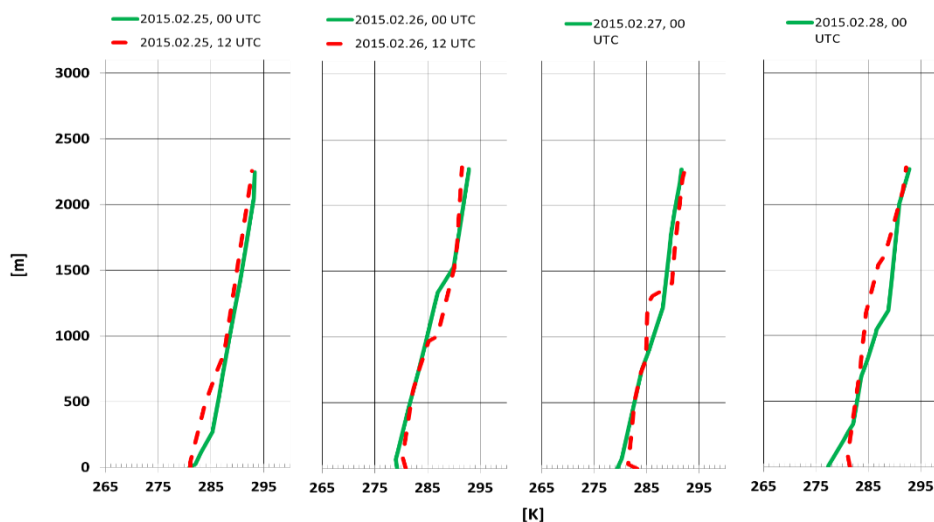
Tabela 4.5-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 25.02-1.03.2015 r.

	Jedno -stka	25.02. 2015	26.02. 2015	27.02. 2015	28.02. 2015	01.03. 2015
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	66.6	55.3	66.0	71.3	49.0
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	67	52	78	80	45
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	27	17	27	39	8
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	35	22	27	38	4
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	211	134	178	162	106
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	66.5	55.5	67.1	72.8	49.8
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	68	53	80	83	46
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	25	17	28	41	8
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	173	134	178	162	106
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	39.9	33.5	37.4	41.3	32.1
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	10	20	30	10
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	85	73	55	59	50
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	0	1	8	4	4
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0	0	0



Rysunek 4.5-5. Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Łodzi - Lublinku

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 25-28.02.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Poprad (Słowacja, nr stacji: 11952).

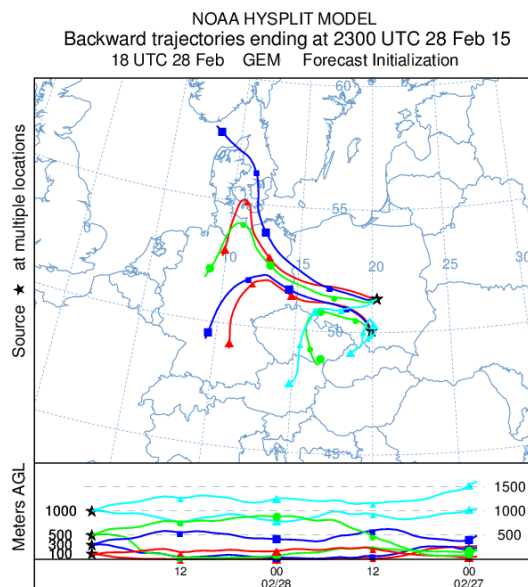


Rysunek 4.5-6. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondy aerologicznych w Popradzie w dniach 25-28.02.2015 r.

Wykresy temperatury potencjalnej wskazują, iż w tym okresie przeważała równowaga stała. Za dnia, w warstwie przyziemnej, do wysokości około 100 m zauważalna była równowaga chwiejna, natomiast trzeciego dnia tego okresu, na wysokości 1000 m można zaobserwować wystąpienie izotermii, charakterystycznej dla równowagi obojętnej. Trzeci dzień tego okresu również charakteryzował się wystąpieniem inwersji frontowej związanej z

rosnącym wpływem układów niżowych znad zachodu, natomiast dla całego okresu warstwa przyziemna charakteryzowała się występowaniem nieznacznej inwersji przyziemnej. Temperatura przy powierzchni gruntu nie ulegała znacznej zmianie jak również nie występowała jej znacząca różnica pomiędzy dniem a nocą. Temperatura kształtowała się na poziomie od 3°C w nocy do 7°C w dzień.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.5-7. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 28 lutego 2015 r.

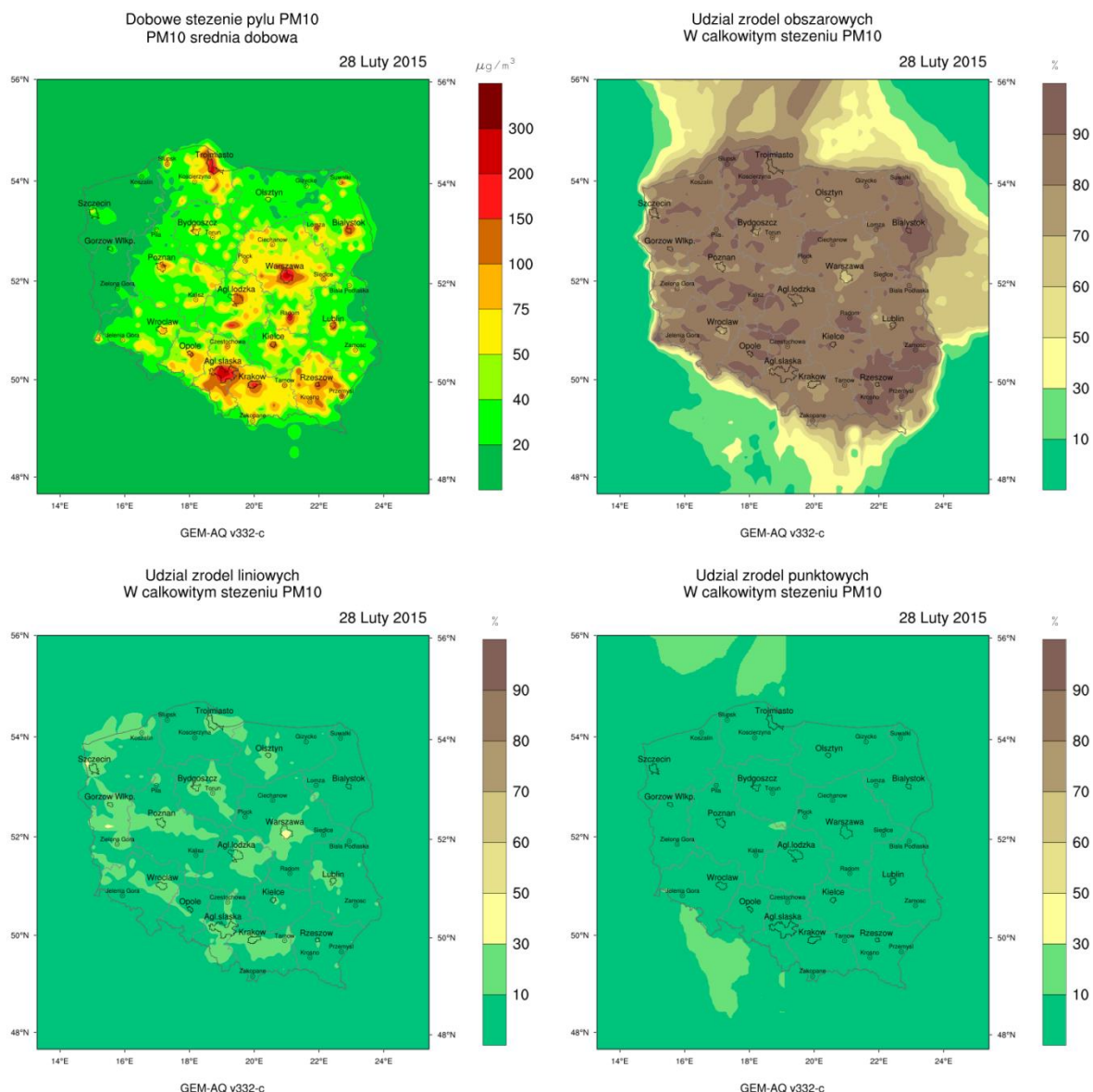
Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (28.02.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM10: Krakowa (114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Opoczna (132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. łódzkim.

Trajektorie obliczone dla najniższych poziomów (100 m i 300 m) zaczynają się na obszarze Niemiec oraz w rejonie Cieśnin Duńskich. W przypadku obu lokalizacji docelowych, masy powietrza na najniższym analizowanym poziomie przemieszczały się początkowo w kierunku północnym, by po ok. 12 godzinach skrócić na wschód i następnie południowy wschód. Bezpośredni napływ nastąpił z rejonu zachodnich i południowo-zachodnich województw w Polsce. W ciągu 48 godzin fluktuacja pionowa na tym poziomie nie była znacząca.

Trajektorie najwyższe miały początek na obszarze Austrii (dla Opoczna) oraz Słowacji (dla Krakowa). W przypadku tej ostatniej zauważalna jest kilkukrotna zmiana kierunku wiatru oraz jego niska prędkość.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

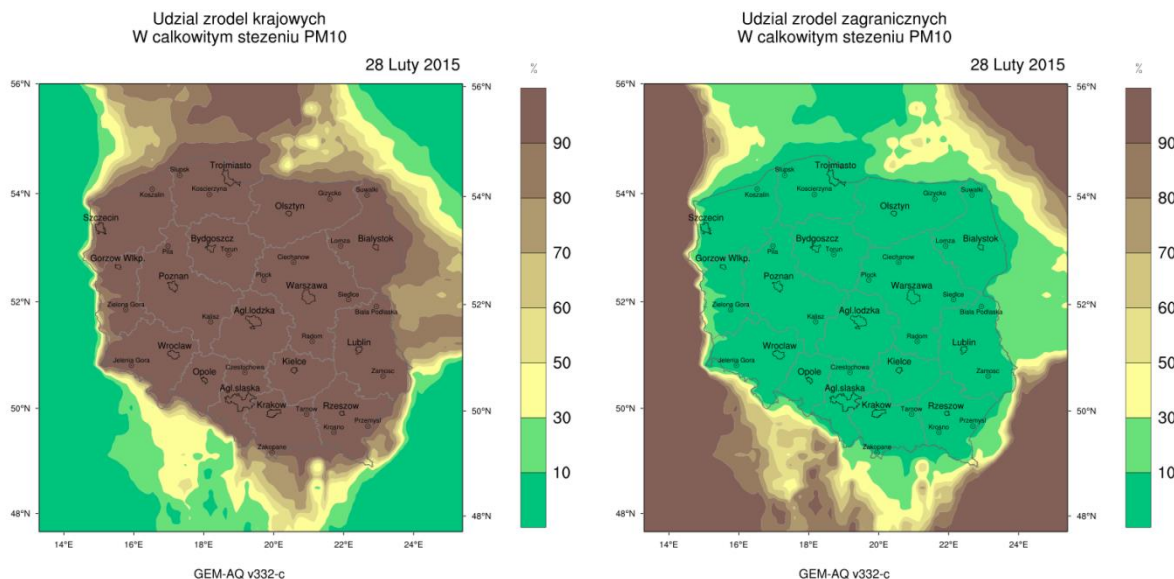
Wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy modelu matematycznego dla dnia 28.02.2015 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń PM10 w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na całym obszarze kraju z wyłączeniem terenów zachodniej i północno-zachodniej Polski oraz województwa warmińsko-mazurskiego. Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenie PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku Grudziądz-Włocławek, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 8 i nr 12.



Rysunek 4.5-8. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 28 lutego 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi - przeciętnie 80% wartości stężenia dobowego. Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł

emisji szacowany jest na 70-90%. Procentowy udział źródeł liniowych nie był wysoki – przeważnie od 10% do 30% i miał on miejsce przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 8 i nr 12 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀, był mały i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.5-9. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 28 lutego 2015 r.

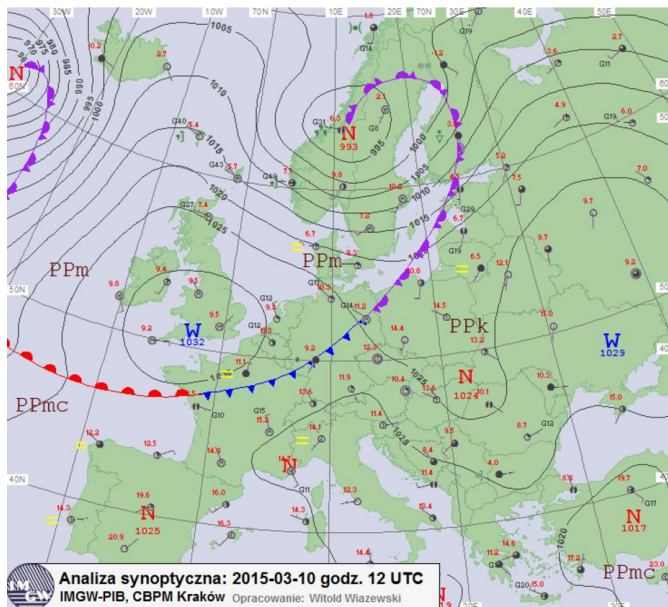
O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski - przeważnie 90%. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu pyłu PM₁₀ na terenach położonych wzdłuż zachodniej, południowej i wschodniej granicy Polski (od 30% do nawet 50% w pasie przygranicznym). Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na obszarze Czech i Słowacji (od 50% do 70%) jak również obszaru na granicy białorusko-ukraińskiej (60-80%).

4.6. Epizod 6. Od 7 do 11 marca 2015 r.

Sytuacja synoptyczna

W tych dniach Polska znajdowała się pod wpływem odchodzącego na wschód wyżu z centrum zlokalizowanym nad obszarem Ukrainy wschodniej. W kierunku granicy północno-zachodniej nadciągał front zokludowany, który uformował się nad obszarem Wielkiej Brytanii, niosąc masy powietrza polarnego morskiego. Na obszarze kraju przeważały masy powietrza

polarnego kontynentalnego. Front chłodny, który przeszedł przez obszar kraju w pierwszych dniach tego okresu nie wpłynął znacząco na wartość temperatur. W trakcie epizodu temperatura wyniosła średnio około 11°C. Zachmurzenie zmalało pod koniec rozpatrywanego okresu – z całkowitego do umiarkowanego i małego, odpowiednio w północnej i środkowo-wschodniej części kraju, natomiast na obszarze południowo-zachodniej Polski niebo było bezchmurne. Dominował brak zamglenia oraz opadu. Przelotne opady deszczu wystąpiły w pierwszym oraz ostatnim dniu okresu i związane były z przejściem frontów. Występował wiatr przeważnie południowy, południowo-zachodni oraz północno-zachodni, od słabego do umiarkowanego.

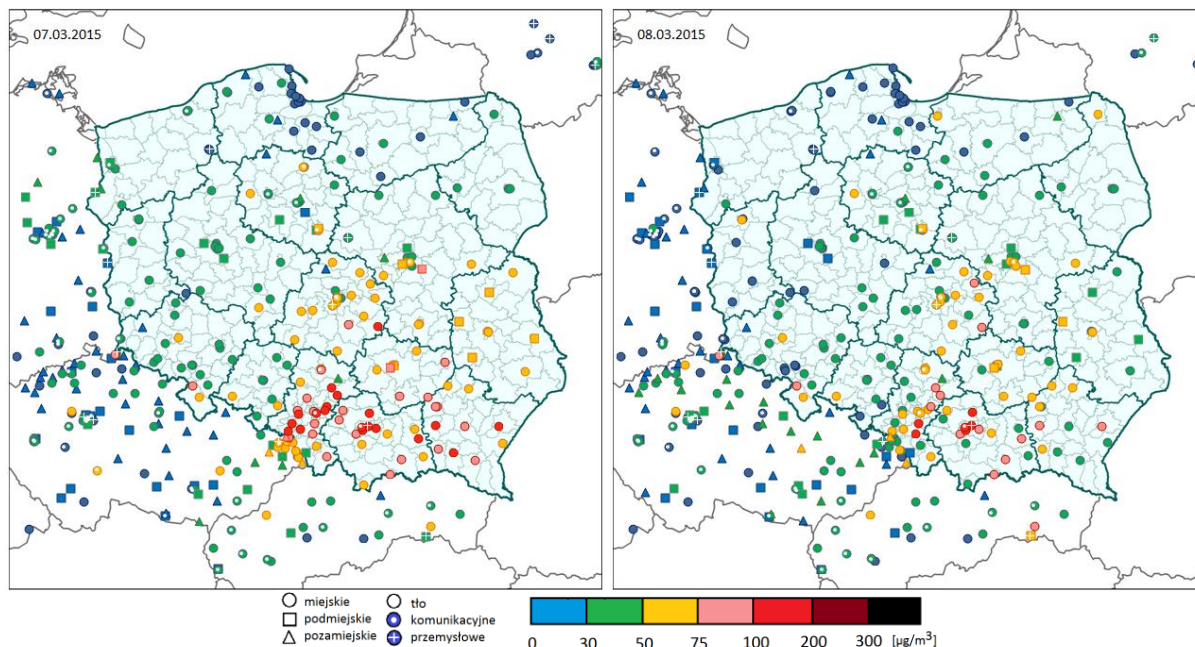


Rysunek 4.6-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 10 marca 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

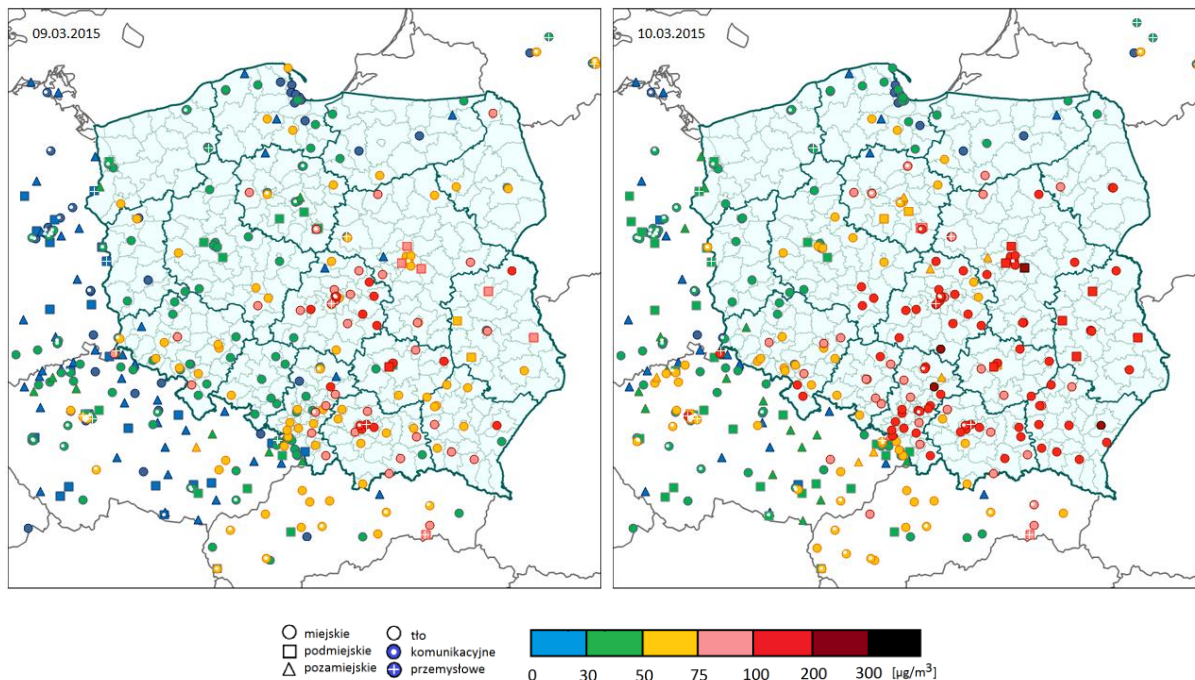
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Zasięg występowania wysokich stężeń pyłu PM10 podczas epizodu z okresu 25.02-01.03.2015 r. zmieniał się w kolejnych dniach (rys. 4.6-2 - rys. 4.6-4), przy czym z największą intensywnością wystąpił w centrum i w południowo-wschodniej ćwiartce kraju. Początkowo wysokie stężenia PM10 notowane były głównie w woj. śląskim, małopolskim i podkarpackim. W drugim dniu stężenia PM10 w obniżyły się, ale nadal na części stacji z ww. województw przekroczony był poziom epizodu. W kolejnym dniu (9.03.2015 r.) wysokie stężenia przekraczające poziom epizodu wystąpiły (dodatkowo w stosunku do sytuacji z poprzednich dni) na wielu stacjach w woj. łódzkim, świętokrzyskim, mazowieckim i lubelskim. W czwartym, kulminacyjnym dniu epizodu, obszar występowania wysokich stężeń obejmował południowo-wschodnią połowę Polski, a w miastach 4 województw przekroczony został poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W ostatnim dniu epizodu (11.03.2015 r.) stężenia PM10 były generalnie niższe niż dzień wcześniej. Stężenia wyższe od poziomu epizodu wystąpiły w południowo-wschodniej ćwiartce Polski. W dniach 7-11.03.2015 r. przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły także na od 1 do 2 stanowisk tła w na Słowacji i w Czechach.

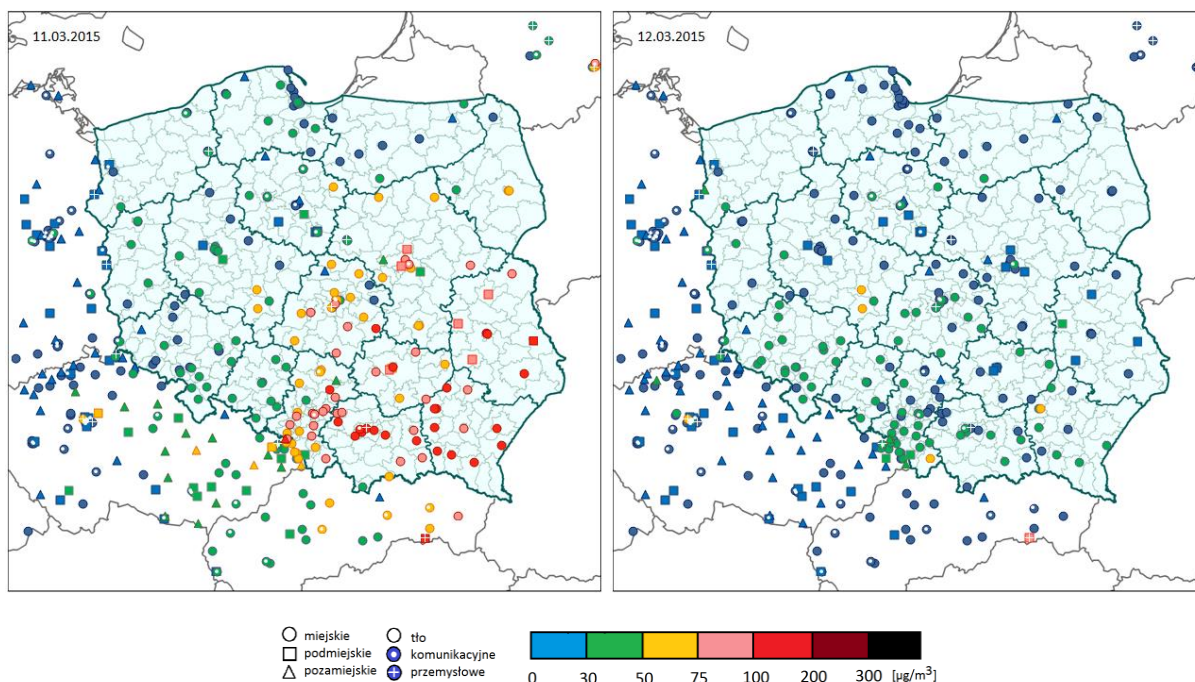
Podczas trwania epizodu poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był w czterech miastach w jednym dniu - 10.03.2015 r. Przekroczeń poziomu alarmowego PM₁₀ ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w czasie tego epizodu nie zaobserwowano.



Rysunek 4.6-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 7-8.03.2015 r.



Rysunek 4.6-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 9-10.03.2015 r.



Rysunek 4.6-4. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 11-12.03.2015 r.

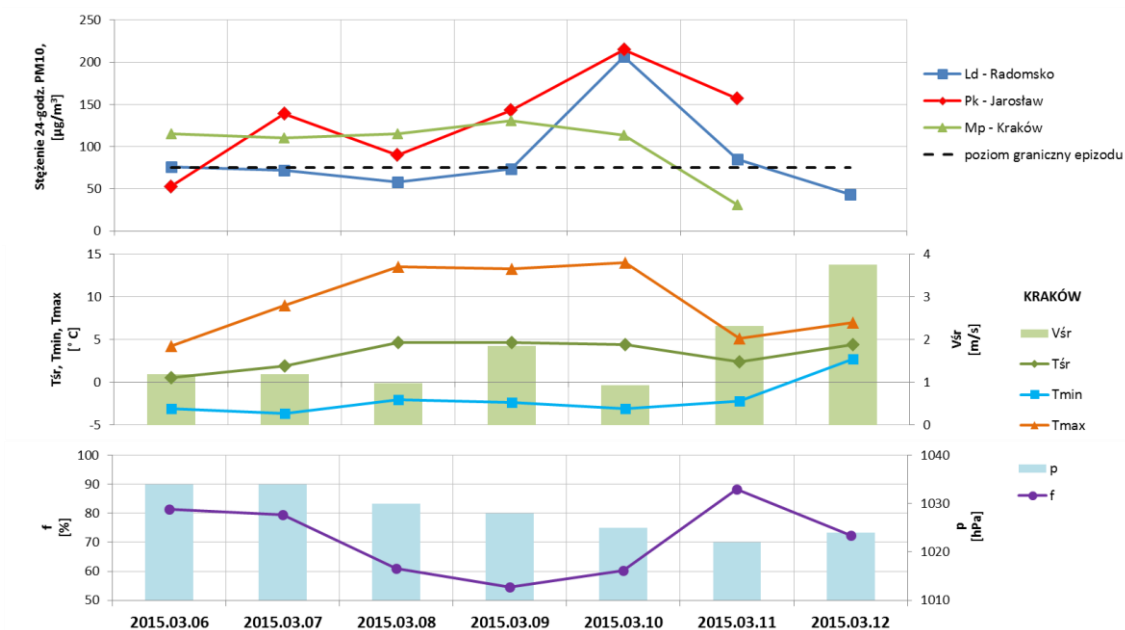
Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 10.03.2015 r. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wysokiego ciśnienia obejmującego Europę zachodnią, centralną i południowo-wschodnią. Wiatr był słaby lub trwała cisza, okresami występowało zamglenie, niebo było bezchmurne. Temperatura powietrza wynosiła od -3 do +13 °C (Kraków-Balice). Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się w ciągu części dnia inwersji temperatury w dolnej warstwie atmosfery. Emisja zanieczyszczeń z niskich kominów i komunikacji samochodowej powodowała kumulacje zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowanie wysokich stężeń PM₁₀. Stężenia większe od 50 µg/m³ na stacjach tła wystąpiły we wszystkich województwach z wyjątkiem woj. lubuskiego i zachodniopomorskiego. Wysokie stężenia, przekraczające poziom epizodu, notowane były na wielu stacjach w południowo-wschodniej połowie Polski (na wschód i południe od linii łączącej Zgorzelec z Suwałkami). Najwyższe stężenia, przekraczające 150 µg/m³, notowane w miastach południowo-wschodniej części kraju. Stosunkowo niskie stężenia (poniżej poziomu epizodu) utrzymywały się w woj. lubuskim, zachodniopomorskim, pomorskim i północnej części woj. warmińsko-mazurskiego.

Poziom informowania był w tym dniu przekroczony na czterech stacjach: Radomsko (207 µg/m³), Otwock (209 µg/m³), Jarosław (215 µg/m³), Myszków (214 µg/m³). Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 73% stanowisk w Polsce, w tym na 75% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 40% stanowiskach tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 56% stanowisk w kraju (na 96% stanowisk z województw świętokrzyskiego, podkarpackiego i lubelskiego), w tym na 57% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczenia poziomu epizodu nie zarejestrowano. Najwyższe stężenie dobowe na stacjach tła miejskiego wystąpiło w Jarosławiu w woj. podkarpackim (215 µg/m³) oraz w Myszkowie w woj. śląskim (214 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³

wystąpiły na 85 stanowiskach w 12 województwach. Na 56% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 90 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk z województw świętokrzyskiego, podkarpackiego i lubelskiego– 129 µg/m³.

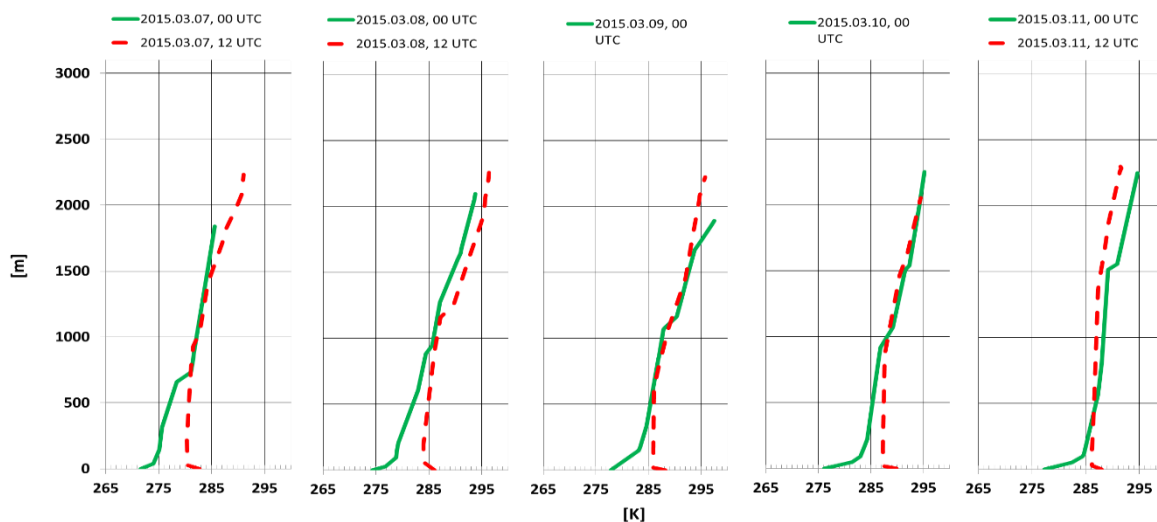
Tabela 4.6-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 7-11.03.2015 r.

	Jedno -stka	07.03. 2015	08.03. 2015	09.03. 2015	10.03. 2015	11.03. 2015
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	56.4	45.4	60.0	90.4	56.4
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	47	30	55	73	44
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	21	9	27	56	29
% stanowisk z S24>S95	%	15	2	19	56	20
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	168	141	185	215	157
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	57.6	45.4	60.9	91.8	57.9
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	50	31	58	75	47
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	22	10	27	57	30
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	168	134	185	215	157
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	29.7	27.9	25.7	41.6	22.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	0	0	40	0
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	47	45	39	71	40
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	1	1	2	1
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	1	0	0	1	1
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0



Rysunek 4.6-5. Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 07-11.03.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Poprad (Słowacja, nr stacji: 11952).

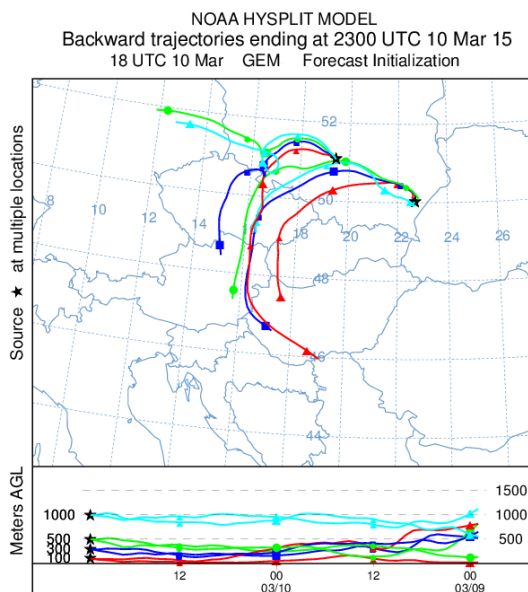


Rysunek 4.6-6. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Popradzie w dniach 07-11.03.2015 r.

Dla tych dni wykresy temperatury potencjalnej wskazują na dominację równowagi stałej, z wyłączeniem warstwy przyziemnej, gdzie do wysokości około 100 m, za dnia występowała równowaga chwiejna, oraz warstwy od 100 m do 500 m gdzie przeważała równowaga obojętna, jak również warstwy od 500 m do 1000 m, gdzie za dnia i podczas dwóch ostatnich dni również występowała równowaga obojętna. Dla całego okresu występowała silna inwersja przyziemna, o grubości nawet do około 800 m, średnio do około 500 m. Dodatkowo, dla drugiego i trzeciego

dnia tego okresu można zauważyć, na wysokości około 1200 m delikatną inwersję wyżową. Występowała dość duża różnica w temperaturach przy powierzchni ziemi pomiędzy dniem, a nocą na poziomie od 0°C w nocy do nawet 15°C w dzień.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.6-7. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 10 marca 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (10.03.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀: Radomska (207 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. łódzkim i Jarosławia (215 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. podkarpackim.

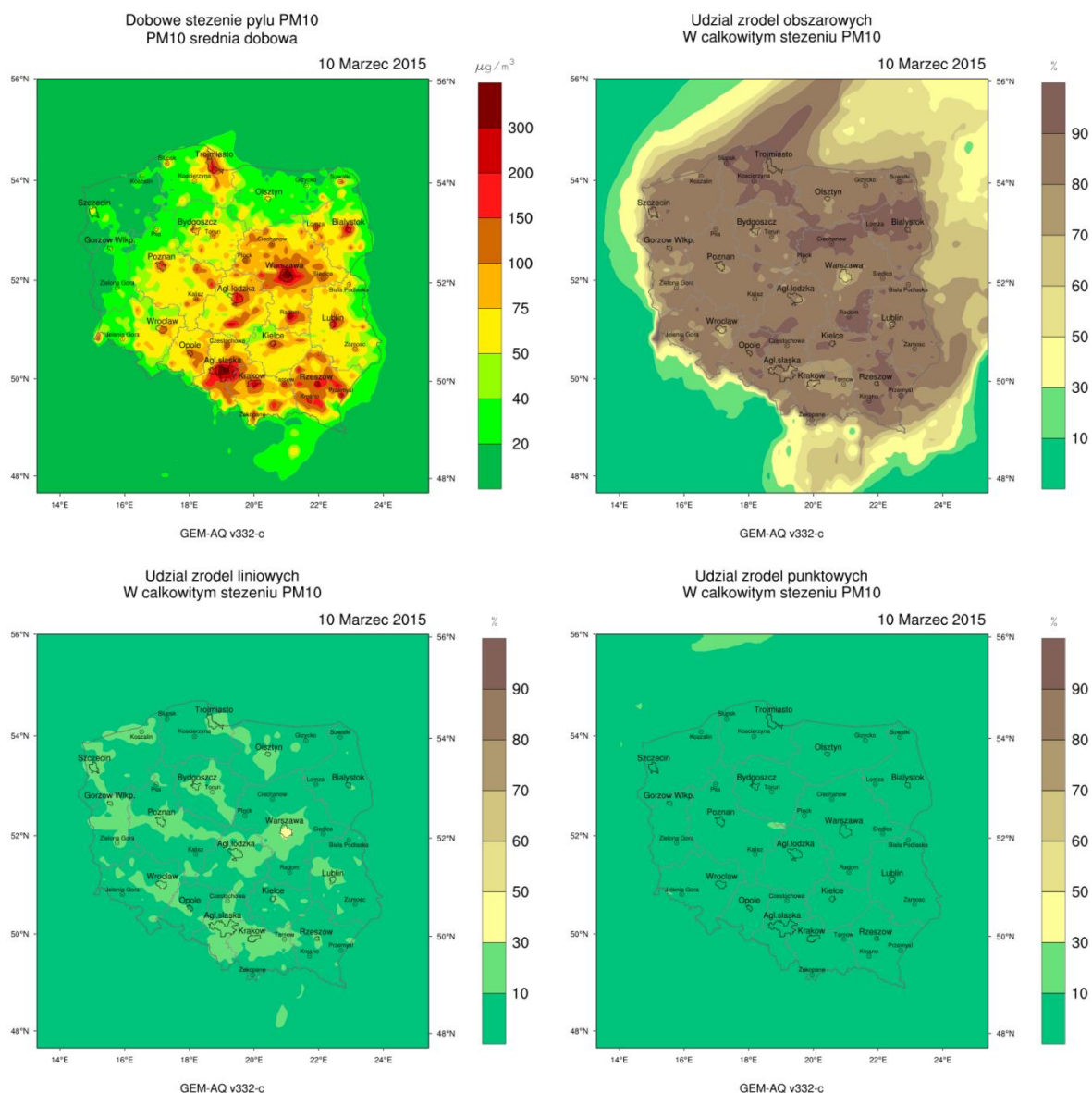
Prawie wszystkie obliczone trajektorie mają zbliżony kształt, wyjątkiem są dwie najwyższe wyznaczone dla Radomska, które mają początek na obszarze wschodnich Niemiec. Trajektorie 100 m oraz 300 m dla Radomska mają początek w, odpowiednio, południowych Węgrzech i północnej Austrii. Południowy wiatr nad obszarem Austrii i Czech zmienił swój kierunek na zachodni w rejonie województwa dolnośląskiego, skąd ze stosunkowo niską prędkością powietrze napłynęło nad Radomsko.

Nad Jarosław powietrze na najniższych poziomach napłynęło z rejonu zachodnich Węgier oraz wschodnich Czech i bezpośrednio z obszaru południowych województw Polski. W ostatnich godzinach (w dniu referencyjnym) zauważalna jest zmiana kierunku wiatru na północno-zachodni i znaczny spadek jego prędkości.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM₁₀ w dniu 10.03.2015 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz ich otoczeniu na obszarze całego kraju z wyłączeniem Polski zachodniej i północno-zachodniej oraz obszaru

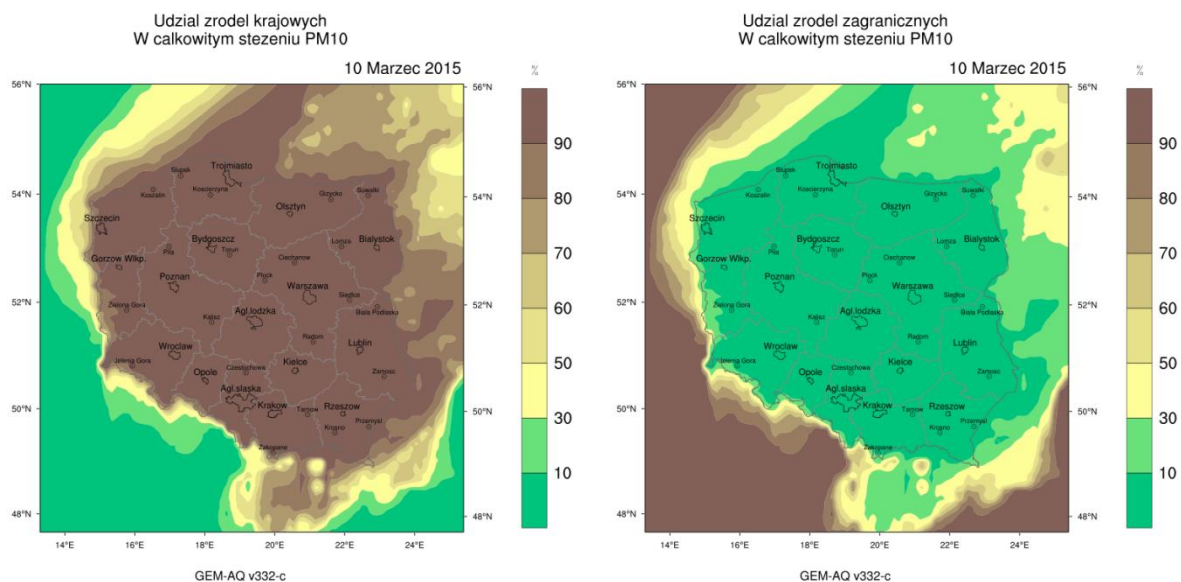
województwa warmińsko-mazurskiego. Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenie PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku między Piotrkowem Trybunalskim i Częstochową, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8 na odcinku Warszawa-Piotrków Trybunalski.



Rysunek 4.6-8. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 10 marca 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przeważnie z indywidualnymi systemami grzewczymi (nawet 90% wartości stężenia dobowego, przeciętnie około 80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 70-90%. Mniejszy udział procentowy mają źródła liniowe – przeważnie 10-30% i występuje on przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady A4, A2 i fragment

A1). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, oraz w rejonach wysokich stężeń PM10 był nieznaczny i nie przekraczał 10%.



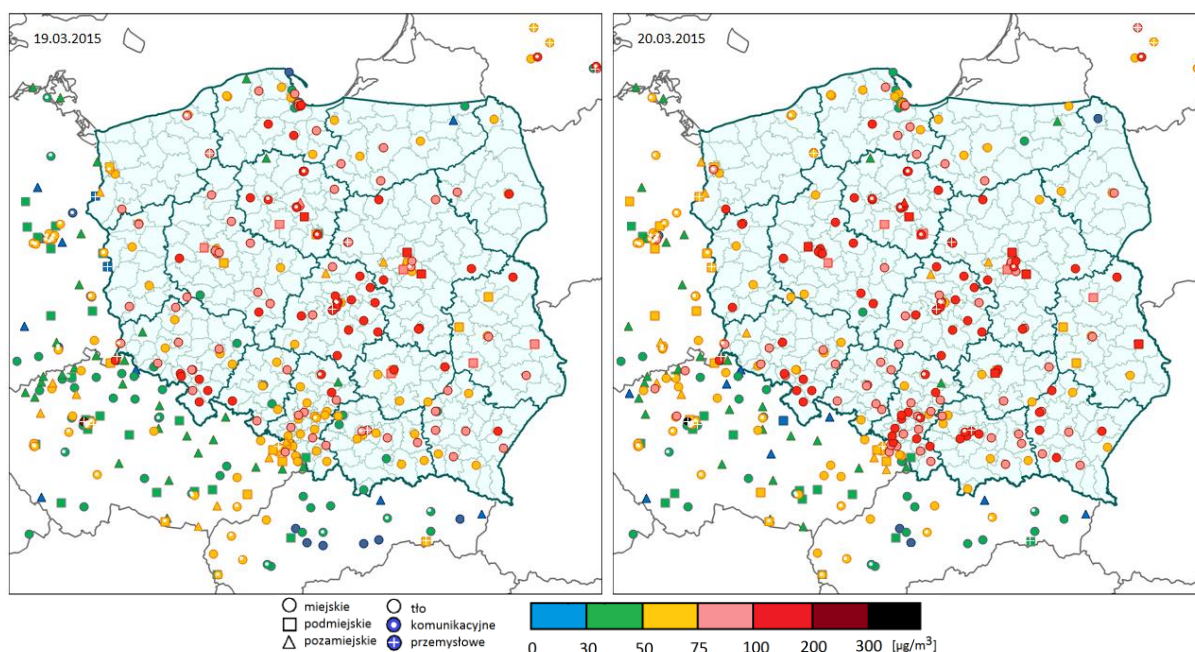
Rysunek 4.6-9. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 10 marca 2015 r.

O wysokości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (przeważnie 90%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na obszarze całego kraju nie był znaczny i osiągał wartości maksymalnie do 30%, z wyjątkiem terenów położonych wzdłuż zachodniej i południowo-zachodniej granicy Polski - do 50% udziału źródeł zagranicznych w pasie przygranicznym. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu w Obwodzie Kaliningradzkim oraz nad obszarem Litwy, zachodniej Białorusi, zachodniej Ukrainy - do 80% oraz do 70% nad obszarem Słowacji, jak również do 50% w pasie przygranicznym na granicy polsko-czeskiej i polsko-niemieckiej.

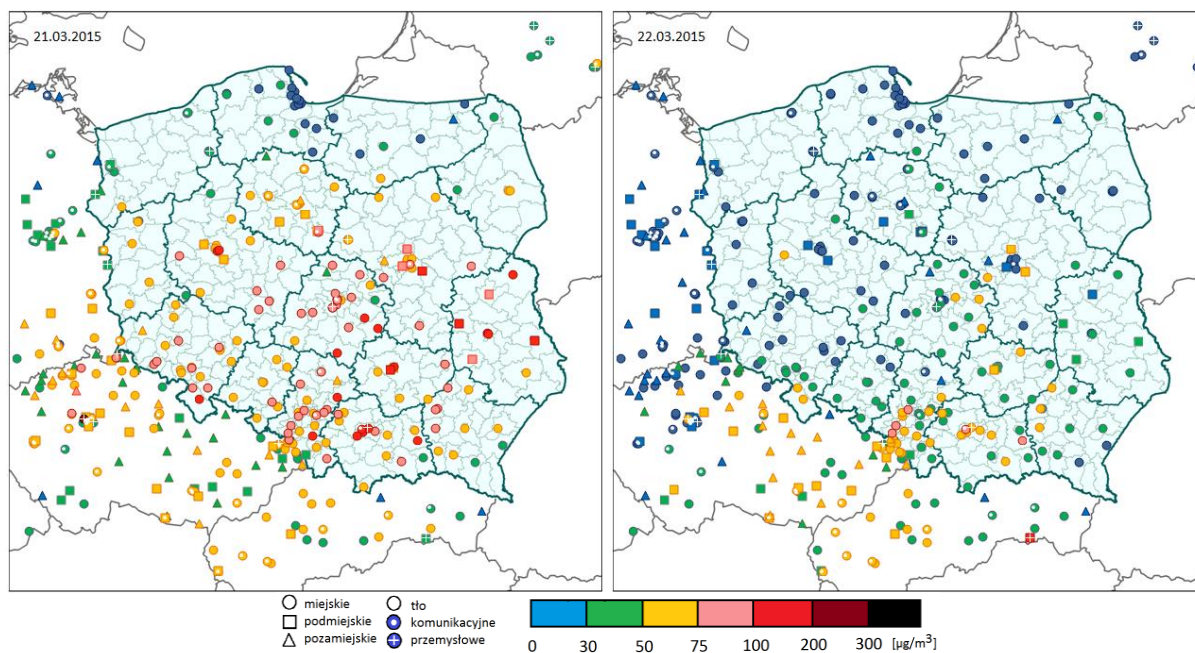
W pierwszym dniu epizodu najwyższe stężenia PM₁₀ notowane były w województwach mazowieckim, kujawsko-pomorskim i łódzkim, przy czym przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły we wszystkich województwach w kraju. W drugim, kulminacyjnym dniu epizodu, miał miejsce wzrost stężeń PM₁₀ na południu Polski. W tym dniu na 79% stanowisk pomiarowych stężenia 24-godz. PM₁₀ były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii pomiarowych stężeń dobowych. Oznacza to, że w tym dniu (20.03.2015 r.) spełnione były warunki określone dla epizodu I typu. W trzecim dniu epizodu, obszar występowania wysokich stężeń obejmował południową połowę Polski, a najwięcej procentowo przekroczeń poziomu epizodu zarejestrowano w miastach w woj. łódzkim i lubelskim.

W dniach 19-21.03.2015 r. przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły także na od 1 do 7 stanowisk tła w Czechach.

Podczas trwania epizodu nie był przekroczony poziom informowania (200 µg/m³) i alarmu (300 µg/m³).



Rysunek 4.7-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 19-20.03.2015 r.



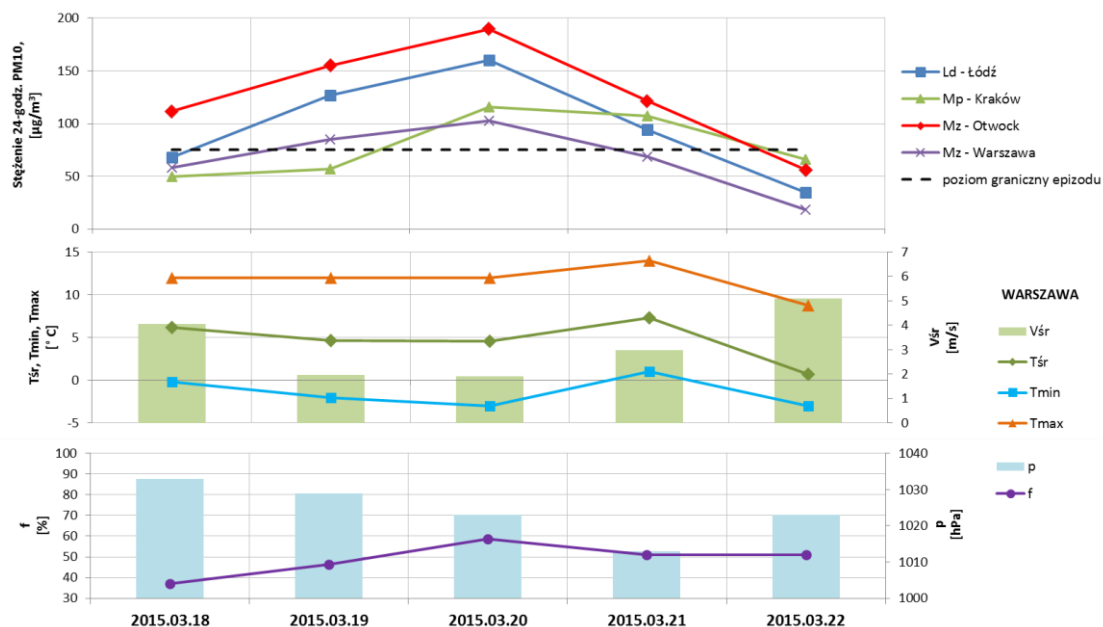
Rysunek 4.7-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 21-22.03.2015 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 20.03.2015 r. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wysokiego ciśnienia obejmującego Europę zachodnią, centralną i południowo-wschodnią. Wiatr był słaby lub trwała cisza, niebo było bezchmurne. Temperatura powietrza wynosiła od -3 do +11 °C (Warszawa-Okęcie). Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się w ciągu części dnia inwersji temperatury w dolnej warstwie atmosfery. Emisja zanieczyszczeń z niskich kominów i komunikacji samochodowej powodowała kumulację zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowanie wysokich stężeń PM₁₀. Wysokie stężenia, przekraczające poziom epizodu, notowane były na wielu stacjach tła we wszystkich województwach. Najwyższe stężenia na stacjach tła, przekraczające 150 µg/m³, notowane były w 6 województwach południowej i centralnej Polski. Tylko na 6% stanowisk pomiarowych w Polsce stężenia dobowe PM₁₀ były mniejsze od wartości dopuszczalnej D₂₄=50 µg/m³.

Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 94% stanowisk w Polsce, w tym na 95% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 63% stanowiskach tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 67% stanowisk w kraju, w tym na 69% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczenia poziomu epizodu zarejestrowano na jednym stanowisku. Najwyższe stężenie dobowe na stacjach tła miejskiego i podmiejskiego wystąpiło w Otwocku k. Warszawy (190 µg/m³) oraz w Myszkowie w woj. śląskim (186 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 78 stanowiskach w 12 województwach. Na 79% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S₉₅ z rocznych serii stężeń dobowych, co oznacza, że miał miejsce epizod typu I. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 92 µg/m³.

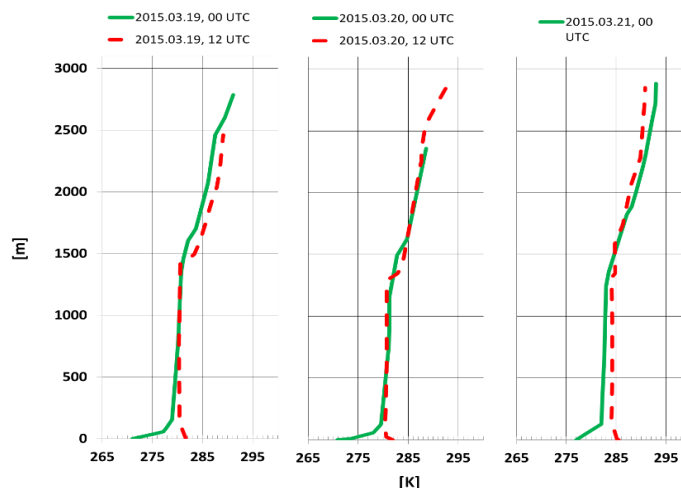
Tabela 4.7-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 19-21.03.2015 r.

	Jednostka	19.03.2015	20.03.2015	21.03.2015
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	81.8	91.6	67.0
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	89	94	77
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	56	67	37
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	64	79	32
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	163	190	179
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	82.3	91.2	67.0
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	90	95	78
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	56	69	37
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	155	190	158
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	48.3	58.9	49.7
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	44	63	50
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	13	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	77	102	70
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	1	7	3
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.7-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Warszawie

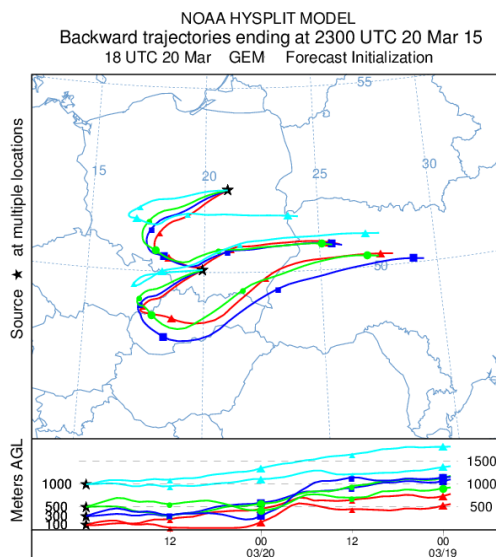
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 19-21.03.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, nr stacji: 12374).



Rysunek 4.7-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Legionowie w dniach 19-21.03.2015 r.

Analizując wykresy temperatury potencjalnej dla tego okresu, można zauważyć, że ich charakter jest do siebie bardzo zbliżony. Za dnia przy powierzchni ziemi do wysokości około 200 m dominowała równowaga lekko chwiejną, od 200 m do około 1400 m równowaga obojętna, natomiast od 1400 m równowaga stała. W nocy rozkład ten był analogiczny z wyjątkiem warstwy do 100 m gdzie występowała równowaga stała. W tych dniach na wysokości około 1400 m można zauważyć nieznaczną inwersję wyżową, jak również silną inwersję radiacyjną przy powierzchni ziemi. Temperatura przy powierzchni gruntu silnie zmienna w zależności od pory dnia, od -3°C w nocy do 10°C w dzień z tendencją wzrostową.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.7-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 20 marca 2015 r.

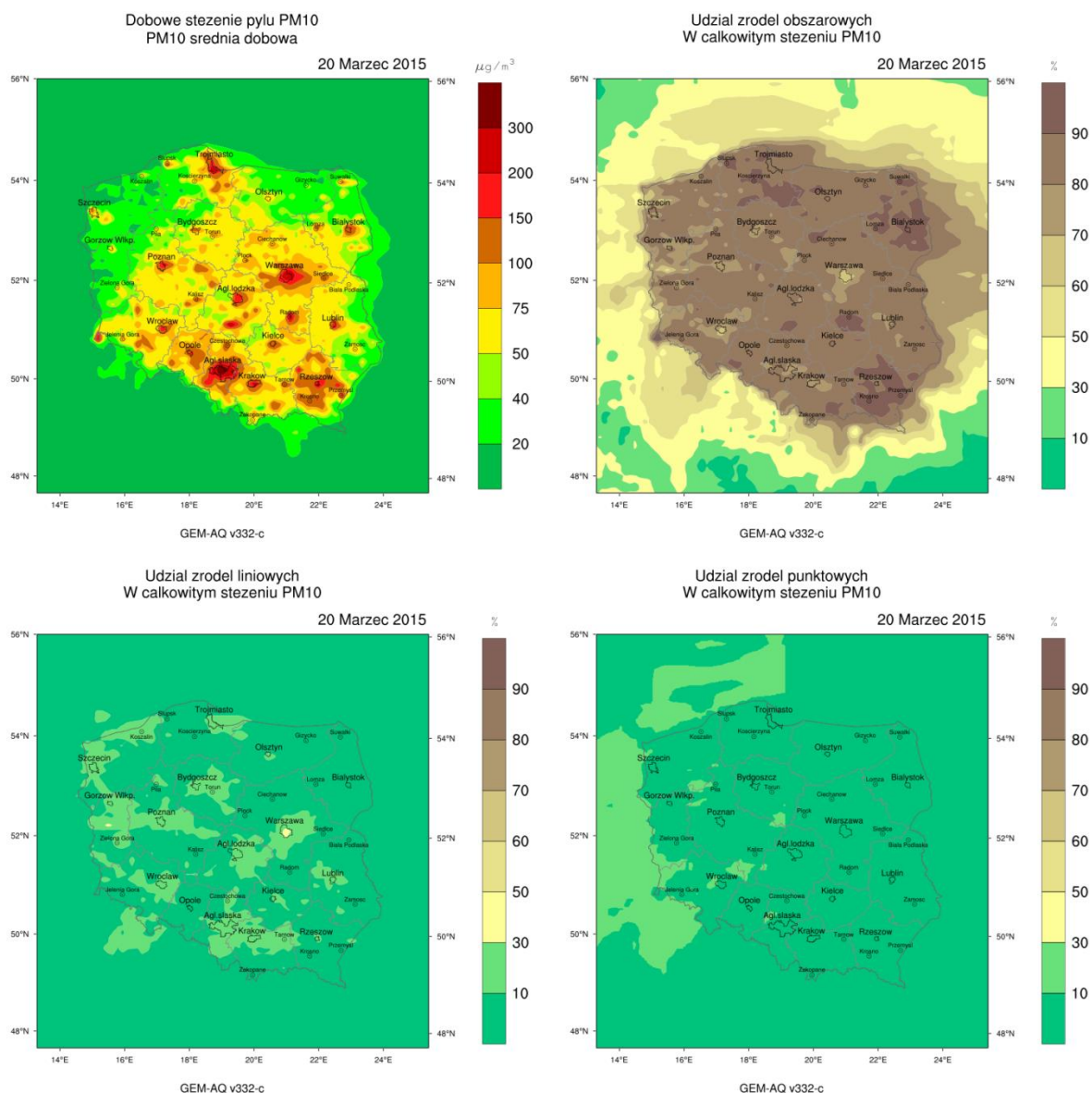
Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (20.03.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM10: Krakowa ($116 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Warszawy ($103 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Zbliżony kształt trajektorii obliczonych na odległych lokalizacji świadczy o wielkoskalowej cyrkulacji mas powietrza. Początek wszystkich trajektorii występuje na obszarze zachodniej Ukrainy. Wiatr początkowo wschodni, w ciągu ostatniej doby zmienił swój kierunek na południowy i południowo-zachodni. Trajektorie obliczone dla wysokości 100 m wskazują na zstępujący ruch powietrza z wysokości 500 - 700 m. Na Warszawę powietrze napłynęło bezpośrednio z obszaru województwa mazowieckiego i łódzkiego, natomiast na Kraków – z północno-wschodnich Czech.

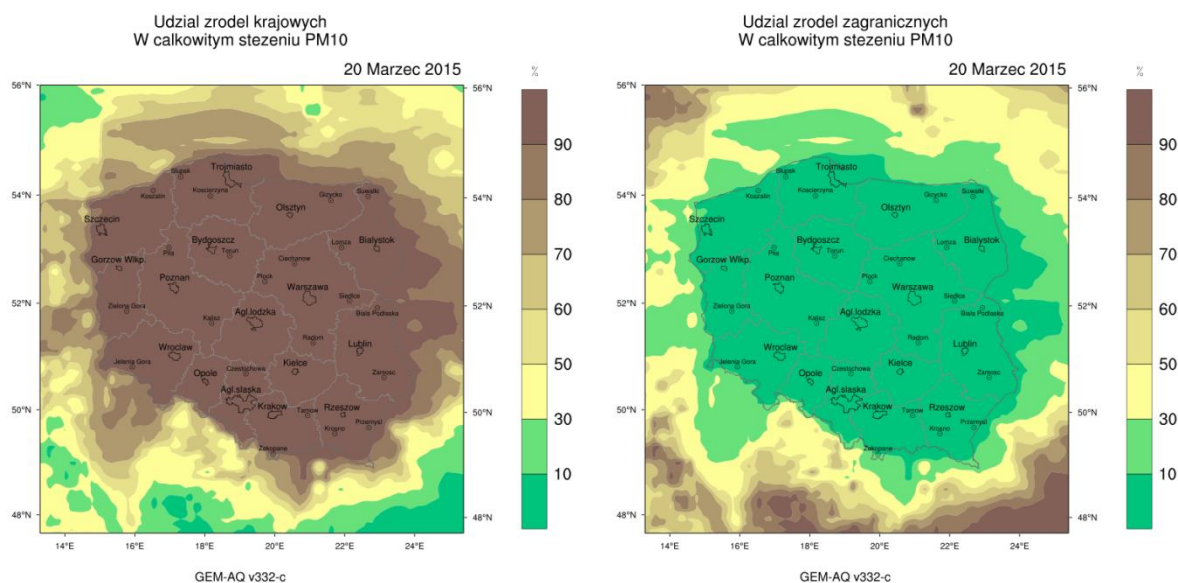
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM10 w dniu 20.03.2015 r. uzyskany na drodze modelowania matematycznego wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na terenie całego kraju, z wyłączeniem obszarów Polski zachodniej i północno-zachodniej oraz terenu województwa warmińsko-mazurskiego. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku Piotrków Trybunalski-Częstochowa, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8 na odcinku między Warszawą, a Piotrkowem Trybunalskim.

Wyniki modelowania wskazują na przeważający udział powierzchniowych źródeł emisji pyłu i jego prekursorów (70-90%) przy miejscowo zauważalnym współudziale źródeł liniowych na poziomie 10-30%, zaznaczających się w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4) oraz na terenie aglomeracji i w innych obszarach z najwyższymi stężeniami PM10. Wyjątkiem jest obszar aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM10, był nieznaczny i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.7-7. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 20 marca 2015 r.



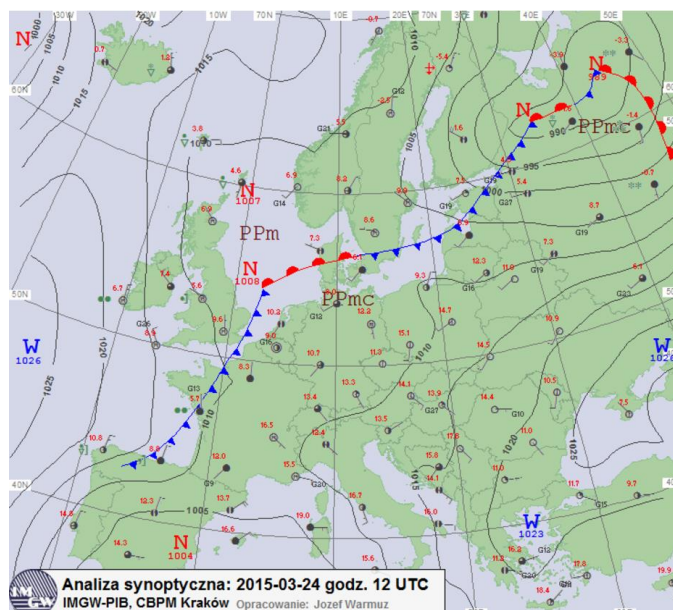
Rysunek 4.7-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 20 marca 2015 r.

O wysokiej wartości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (przeważnie 90%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na obszarze całego kraju był w zasadzie niezauważalny i osiągał wartości maksymalnie do 10%. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu wśród wszystkich krajów sąsiadujących z obszarem tego kraju (50-80%) jak również na poziom stężenia PM10 nad południową częścią Bałtyku.

4.8. Epizod 8. Od 23 do 25 marca 2015 r.

Sytuacja synoptyczna

W tym czasie Polska pozostawała pod wpływem odchodzącego na południowy wschód układu wyżowego, mającego swoje centrum nad obszarem wschodniej Ukrainy oraz lokalnego układu wyżowego zlokalizowanego nad obszarem Morza Egejskiego. Nad obszar kraju z zachodu napływały dominujące w tym okresie masy powietrza polarnego morskiego ciepłego, które przyniosły wzrost temperatury, i były pchane północnym i zachodnim frontem chłodnym. Nie odnotowano zamglenia oraz opadu. Przeważało umiarkowane zachmurzenie w północnej i wschodniej części kraju, na pozostałym obszarze bezchmurnie. Temperatura w tym okresie wynosiła od 9°C na północy Polski do 14-15°C na pozostałym obszarze. Dominował wiatr umiarkowany z północnego wschodu, południowego wschodu oraz południowego zachodu.

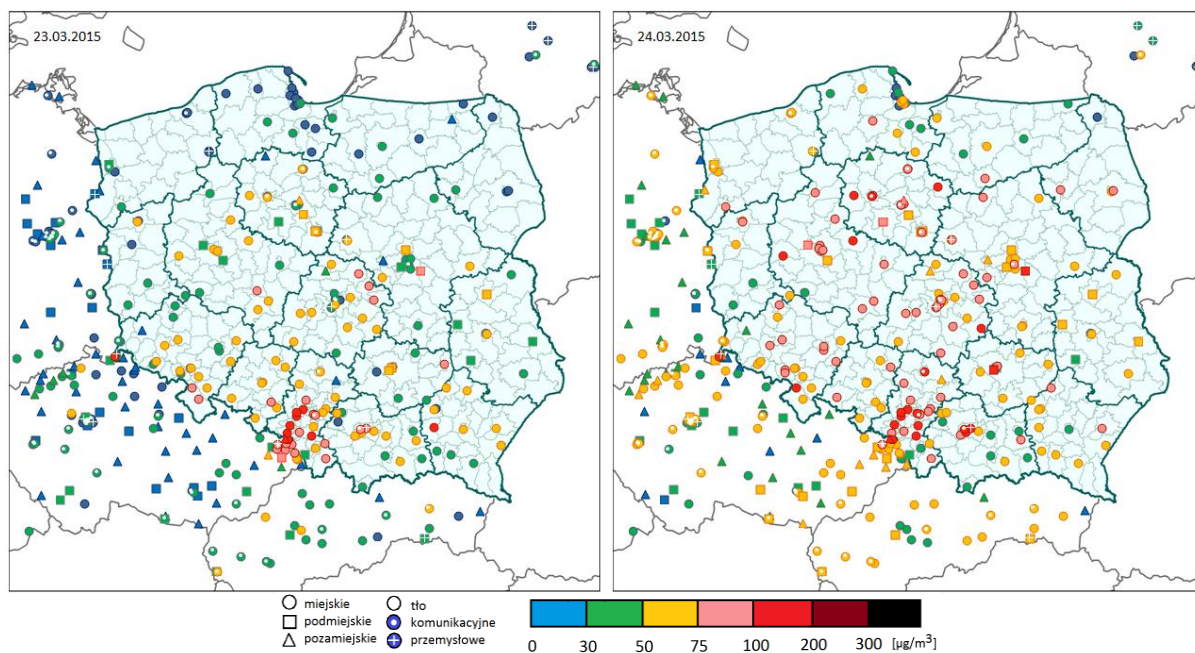


Rysunek 4.8-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 24 marca 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

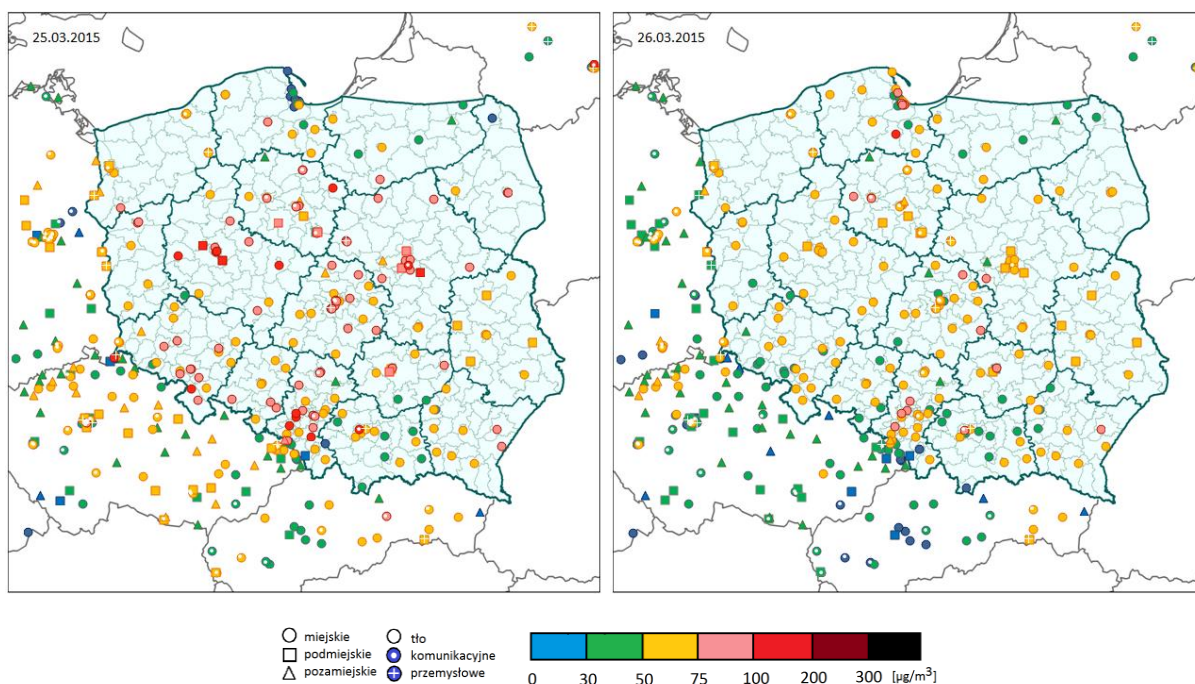
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Zasięg występowania wysokich stężeń podczas epizodu z okresu 23-25.03.2015 zmieniał się w kolejnych dniach (rys. 4.8-2 - rys. 4.8-3). Początkowo wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły głównie w woj. śląskim i dodatkowo na kilku stanowiskach w centralnej i południowej części Polski. Wysokie stężenia notowane były też w okolicach Ostrawy i Cieszyna w Czechach. W drugim, kulminacyjnym dniu epizodu (24.03.2015 r.) poziom epizodu przekroczony był na blisko 90 stanowiskach w 15 województwach. W ostatnim dniu epizodu stężenia w skali kraju nieznacznie się obniżyły, aczkolwiek w dalszym ciągu przekroczenia poziomu epizodu występowały w 15 województwach (za wyjątkiem lubelskiego). W następnym dniu nastąpił dalszy spadek stężeń PM₁₀.

Podczas trwania epizodu nie był przekroczony poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i alarmu ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Rysunek 4.8-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 23-24.03.2015 r.



Rysunek 4.8-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 25-26.03.2015 r.

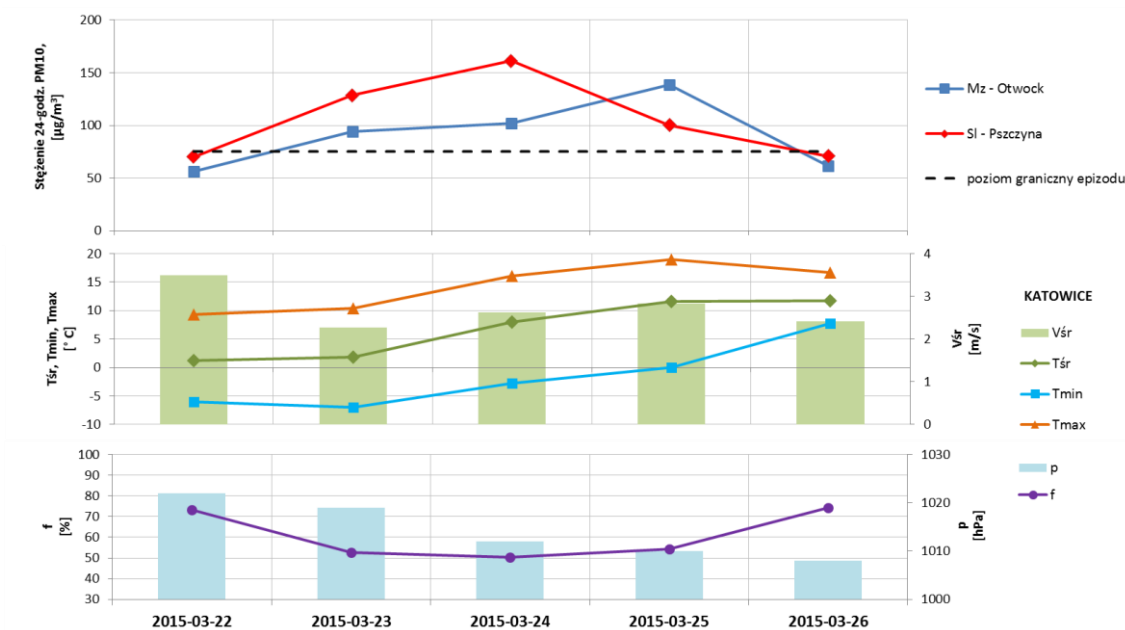
Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 24.03.2015 r. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wysokiego ciśnienia obejmującego Europę zachodnią, centralną i południowo-wschodnią. Nad ranem okresowo utrzymywała się cisza, później wiatr był słaby, około południa umiarkowany. Rano wystąpiły zamglenia, później było pogodnie. Temperatura powietrza wynosiła od -2 do +16 °C (Katowice). Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się w ciągu części dnia inwersji temperatury w dolnej warstwie atmosfery. Emisja zanieczyszczeń z niskich kominów i

komunikacji samochodowej powodowała kumulacje zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowanie wysokich stężeń PM10. Wysokie stężenia, przekraczające poziom epizodu, notowane były na wielu stacjach tła w centralnej Polsce i w woj. śląskim oraz na jednej lub kilku stacjach w pozostałych województwach poza woj. lubelskim. Najwyższe dobowe stężenie PM10 na stacjach tła wystąpiło Pszczynie ($161 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 84% stanowisk w Polsce, w tym na 84% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 71% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 42% stanowisk w kraju, w tym na 41% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczenia poziomu epizodu zarejestrowano na jednym stanowisku (Koniczynka k. Torunia). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 22 stanowiskach w 8 województwach. Na 35% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

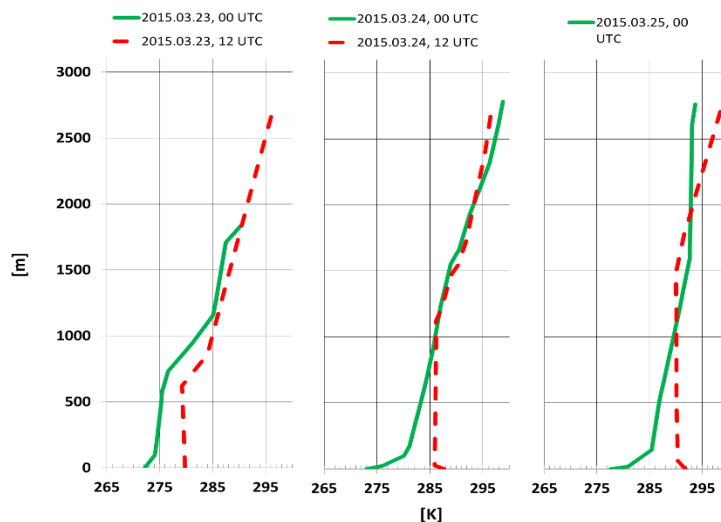
Tabela 4.8-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 23-25.03.2015 r.

	Jednostka	23.03.2015	24.03.2015	25.03.2015
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	51.9	71	70.0
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	47	84	83
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	13	42	39
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	7	35	42
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	186	161	156
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	52.7	70.8	69.4
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	49	84	83
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	13	41	39
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	186	161	138
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	29.6	53.6	54.4
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	13	71	63
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	14	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	60	86	72
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	8	1	1
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.8-4. Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 23-25.03.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

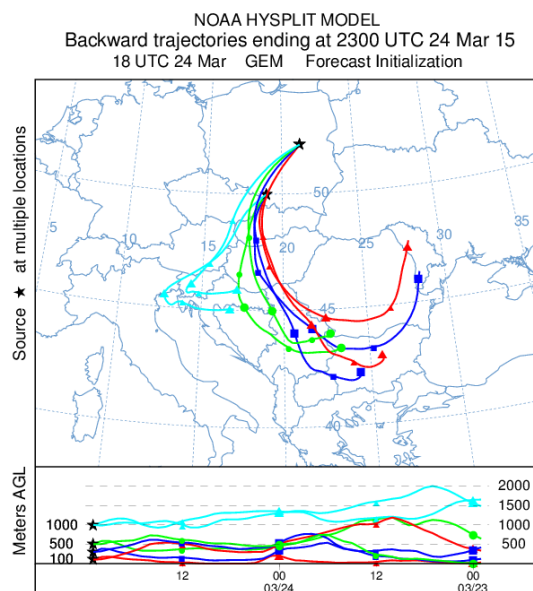


Rysunek 4.8-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejovie w dniach 23-25.03.2015 r.

Na podstawie wykresów temperatury potencjalnej widać, iż w nocy dla całego okresu występowała równowaga stała, z wyłączeniem ostatniego dnia gdzie od około 1600 m występowała równowaga obojętna. Za dnia natomiast, bezpośrednio przy powierzchni ziemi do wysokości około 100 m dominowała równowaga chwiejna, od 100 m do około 1000 m przeważała równowaga obojętna, natomiast powyżej była to równowaga stała. W tych dniach kształtowała się silna inwersja radiacyjna, o grubości nawet do około 800 m, jak również

nieznaczna inwersja osiadania. Temperatura przy powierzchni gruntu silnie zróżnicowana w zależności od pory dnia, z tendencją rosnącą, od około 0°C w nocy do 15°C w dzień.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.8-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 24 marca 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (24.03.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀: Otwocka (102 µg/m³) w woj. mazowieckim i Pszczyny (161 µg/m³) w woj. śląskim.

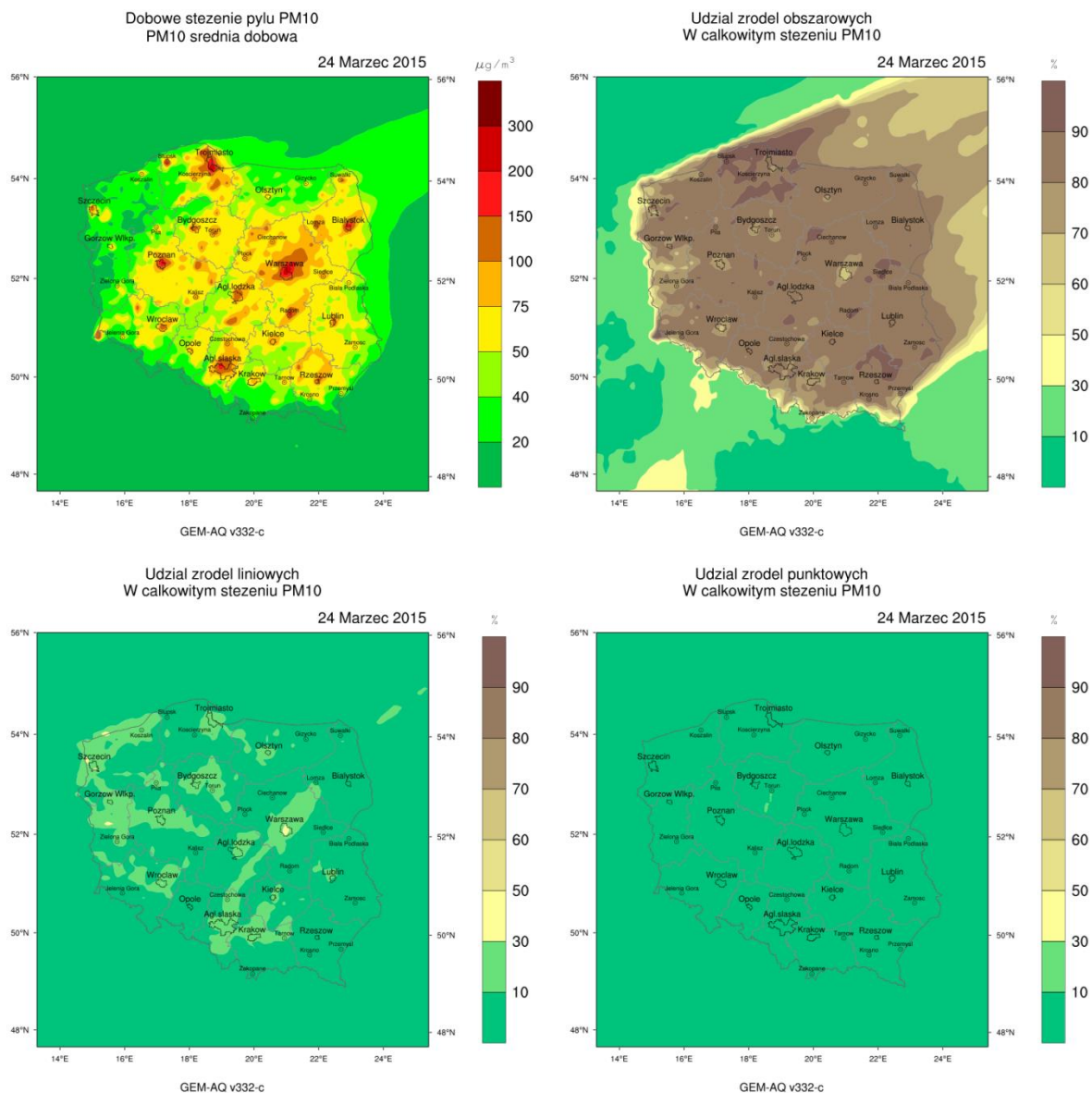
Trajektorie 100 m i 300 m, wyznaczone dla Otwocka, mają początek nad obszarem Mołdawii. Wiatr początkowo północny, zmienił po prawoskrętnym łuku kierunek po ok. 12 godzinach na wschodni, a następnie południowy. Nad Otwock powietrze napłynęło bezpośrednio z kierunku południowo-zachodniego, znad województwa łódzkiego i śląskiego oraz Słowacji. W przypadku najwyższego poziomu (1000 m) zmiany kierunku wiatru były gwałtowniejsze, w ciągu ostatniej doby wiał on z południowego zachodu ze stosunkowo dużą prędkością.

Trajektorie obliczone dla Pszczyny mają podobny charakter, z początkiem na obszarze Bułgarii (100 m i 300 m). Bezpośredni napływ powietrza nastąpił z rejonu zachodniej Słowacji.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Zgodnie z modelowanym rozkładem stężeń pyłu PM₁₀ w dniu 24.03.2015 r. na obszarze Polski wystąpiło wysokie stężenie tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu. Zjawisko to miało miejsce na terenie całego kraju z wyjątkiem Polski zachodniej i północno-zachodniej oraz obszaru województwa warmińsko-mazurskiego. Obliczenia wskazują również na podwyższone stężenia PM₁₀ wzdłuż głównych szlaków

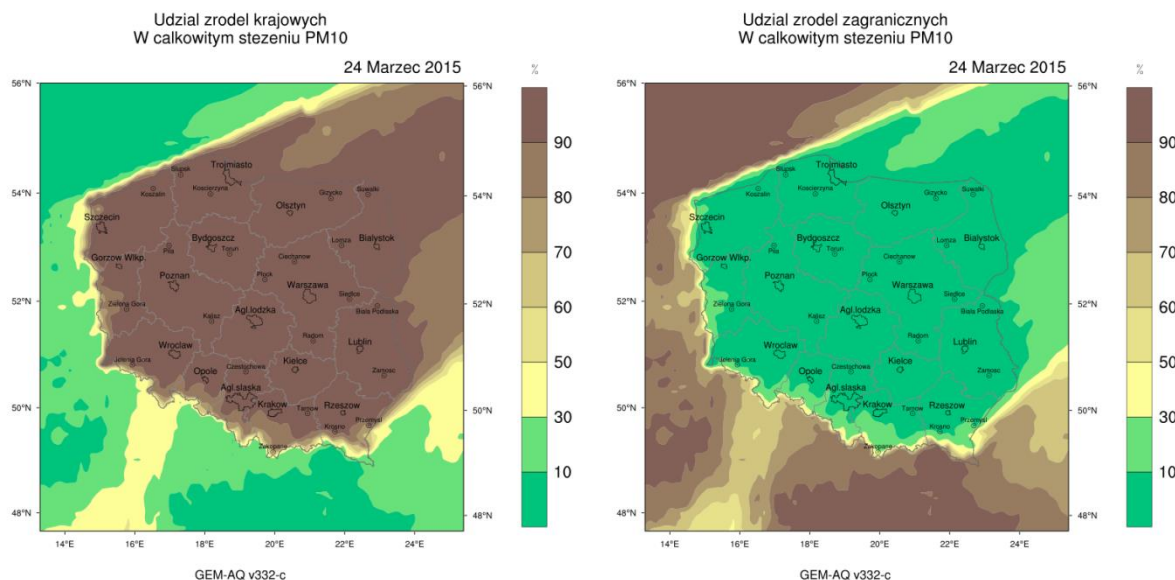
komunikacyjnych kraju, autostrad A1 od Łodzi po Częstochowę, A2 i A4 na odcinku Olszyna-Wrocław i Katowice-Tarnów oraz dróg ekspresowych nr 7 na odcinku Gdańsk-Ostróda i nr 8.



Rysunek 4.8-7. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 24 marca 2015 r.

Analizując udział poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 można zauważyć, iż największe znaczenie mają źródła powierzchniowe, co związane jest przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacuje się na 50-80%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 7 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i

A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, oraz w rejonach wysokich stężeń PM₁₀ był nieznaczny i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.8-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 24 marca 2015 r.

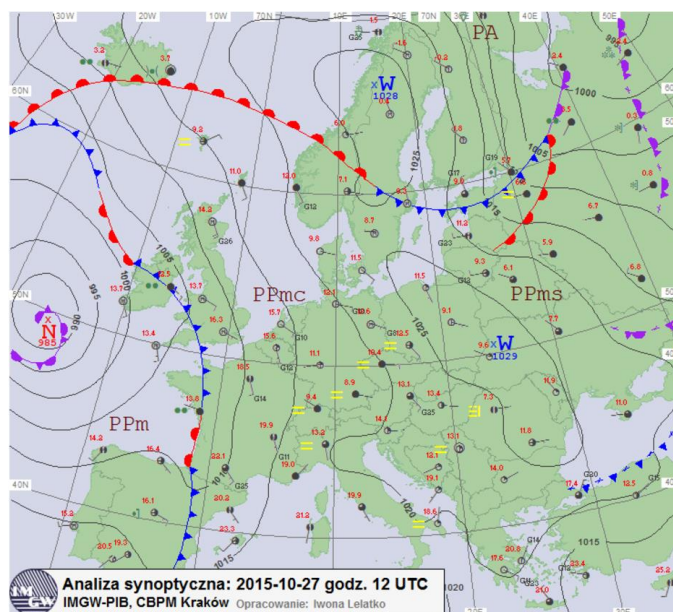
O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju nie był znaczny i osiągał wartości maksymalnie do 30%, z wyjątkiem terenów położonych wzdłuż zachodniej, południowej i południowo-wschodniej granicy Polski - do 50% udziału źródeł zagranicznych w pasie przygranicznym. W rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM₁₀ był największy, z reguły stężenia PM₁₀ nie były wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu w Obwodzie Kaliningradzkim oraz nad obszarem Litwy i zachodniej Białorusi - wartości udziału nawet do 90%. Zauważalny jest również udział polskich źródeł na obszarze około 70 kilometrowego pasa ciągnącego się przez środkowe Czechy na tereny Austrii północnej (do 50%) oraz obszarze Ukrainy zachodniej (50-80%).

4.9. Epizod 9. Od 26 do 27 października 2015 r.

Sytuacja synoptyczna

W tych dniach Polska znajdowała się w strefie oddziaływania rozbudowanego ośrodka wyżowego, mającego swoje centrum nad obszarem zachodniej Ukrainy. Powietrze polarne

morskie stare, które zalegało na obszarze kraju ustępowało miejsca masą powietrza polarnego morskiego ciepłego nadciągającego z nad obszaru Morza Północnego - stopniowo wpływając na wzrost temperatury. Od zachodu i od północy nad obszar kraju kierowały się dwa fronty; front północny doganiając front ciepły utworzył następnego dnia po rozpatrywanym okresie front zokludowany - przemieszczał się on jednak nad obszarami zlokalizowanymi za wschodnią granicą Polski. Temperatura od 9-10°C we wschodniej części kraju do 11-13°C na zachodzie. Umiarkowane zamglenie w południowo-zachodniej części i brak opadu. Zachmurzenie przeważnie małe na całym obszarze kraju. Przewaga wiatrów słabych i umiarkowanych ze wschodu oraz południowego wschodu.

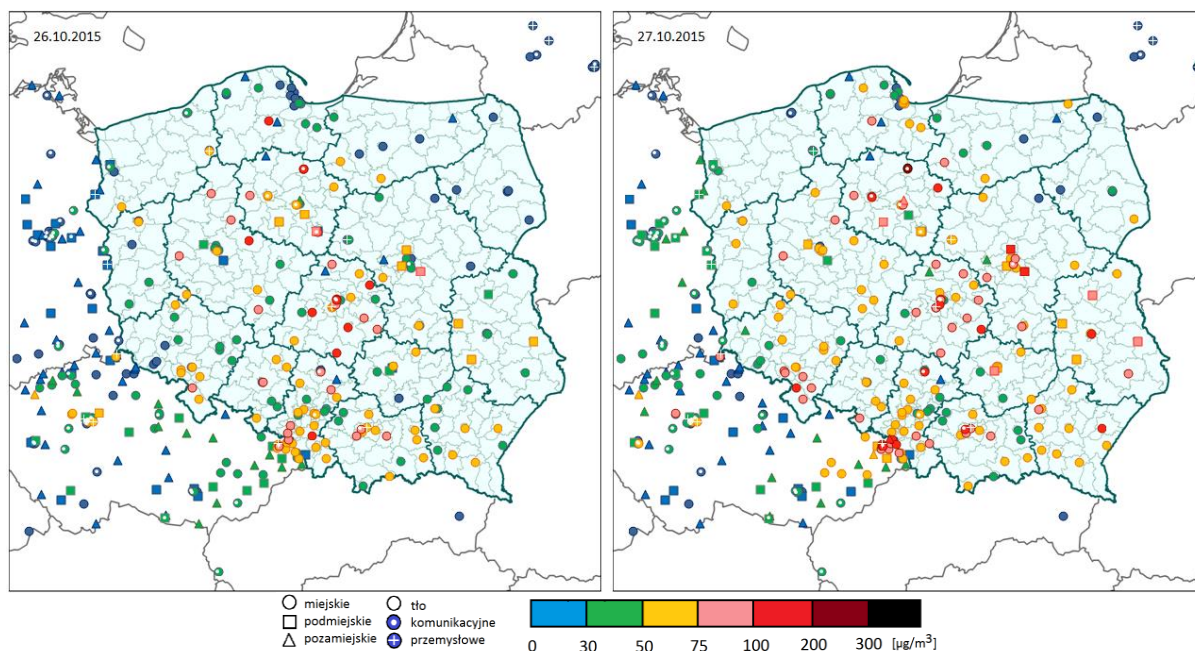


Rysunek 4.9-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 27 października 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Podczas epizodu wysokich stężeń PM10 w dniach 26-27.10.2015 r. początkowo wysokie stężenia PM10 wystąpiły głównie w woj. śląskim, małopolskim, łódzkim i wielkopolskim. W drugim, kulminacyjnym dniu epizodu (27.10.2015 r.) poziom epizodu przekroczony był na 55 stanowiskach w 14 województwach. Wysokie stężenia PM10 notowane były też w okolicach Ostrawy i Czeskiego Cieszyzna w Czechach.

Podczas trwania epizodu poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na jednej stacji w woj. kujawsko-pomorskim (Grudziądz, stacja komunikacyjna, $D24 = 286 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom alarmu ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nie był przekroczony.



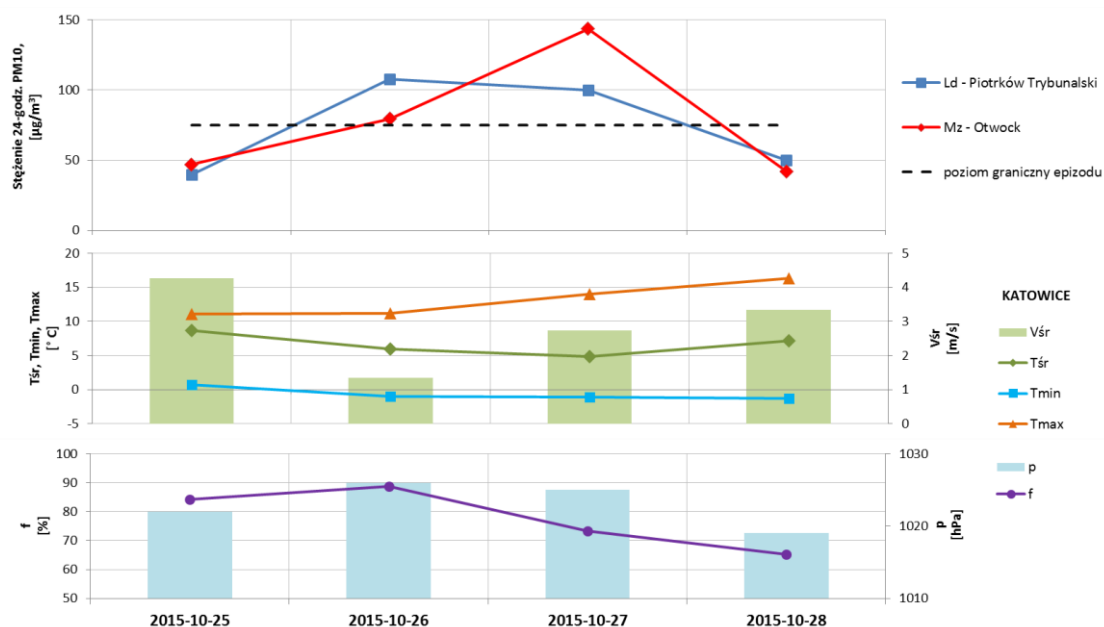
Rysunek 4.9-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 26-27.10.2015 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 27.10.2015 r. (rys. 4.9-2). W tym dniu Polska znajdowała się w centrum wyżu rozciągającego się od Bałkanów po Skandynawię. Do godzin przedpołudniowych występowały mgły i zamglenia, później było pogodnie. Nad ranem okresowo utrzymywała się cisza, później wiatr był słaby, około południa łagodny. Temperatura powietrza wynosiła od -1 do +13 °C (Katowice-Muchowiec). Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się w ciągu części dnia inwersji temperatury w dolnej warstwie atmosfery, sprzyjającej kumulowaniu się tam pyłu PM₁₀, pochodzącego głównie z niskich kominów i komunikacji samochodowej. Wysokie stężenia, przekraczające poziom epizodu, notowane były na wielu stacjach tła w woj. łódzkim, mazowieckim, kujawsko-pomorskim i dolnośląskim oraz na jednej lub kilku stacjach w dalszych 10 województwach. Najwyższe dobowe stężenie PM₁₀ na stacjach tła wystąpiło w Otwocku k. Warszawy (144 µg/m³), a najwyższe stężenie w kraju zarejestrowano na stanowisku komunikacyjnym w Grudziądzu (286 µg/m³).

Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 70% stanowisk w Polsce, w tym na 73% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 27% stanowisk w kraju, w tym na 26% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczenia poziomu epizodu zarejestrowano na jednym stanowisku (Koniczynka k. Torunia). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 14 stanowiskach w 8 województwach. Na 21% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 63 µg/m³.

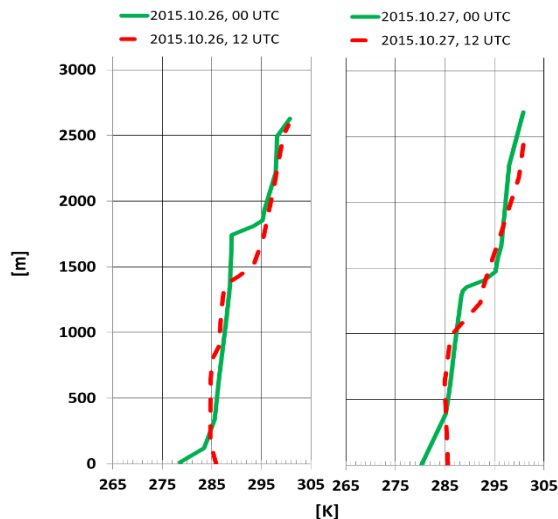
Tabela 4.9-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 26-27.03.2015 r.

	Jedno -stka	26.10.2015	27.10.2015
Wszystkie stanowiska w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	52.2	63.4
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	48	70
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	16	27
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	12	21
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	174	286
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	52.0	63.1
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	48	73
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	16	26
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	144	144
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	17.4	32.4
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	10
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	36	78
Stanowiska tła poza granicami Polski			
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	0	8
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0



Rysunek 4.9-3. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 26-27.10.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

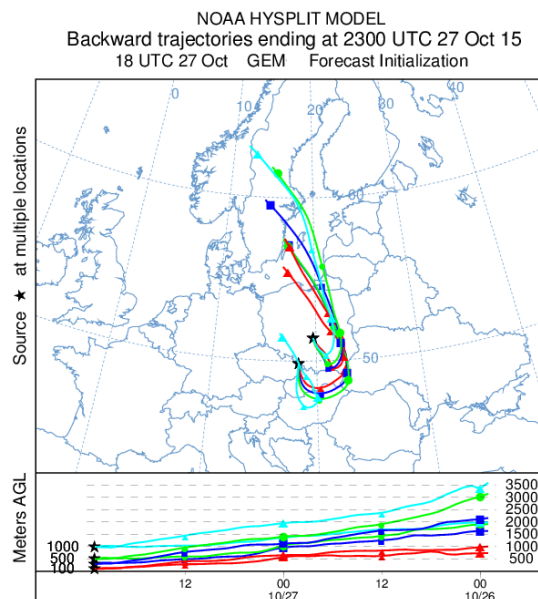


Rysunek 4.9-4. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejovie w dniach 26-27.10.2015 r.

Dla tego okresu wykresy temperatury potencjalnej wskazują dominację równowagi stałej, zarówno w godzinach dziennych jak i nocnych. Pierwszego dnia tego okresu w godzinach dziennych do wysokości około 200 m wystąpiła równowagą lekko chwiejną, natomiast od 200 m do około 750 m równowaga obojętna, powyżej równowaga stała; podobna sytuacja miała miejsce drugiego dnia tego okresu z wyjątkiem zastąpienia równowagi chwiejnej w dolnej części atmosfery równowagą obojętną. Bardzo dobrze widoczna jest inwersja wyżowa w warstwie granicznej, związana z osiadaniem mas powietrza, stale obniżająca się - na wysokości około 1500 m pierwszego dnia i 1250 m dnia drugiego. W tych dniach wystąpiła też inwersja radiacyjna o grubości około 300 m. Widoczna jest również dość duża różnica temperatur przy powierzchni ziemi pomiędzy dniem a nocą, od około 3°C w nocy do 12°C w dzień.

Trajektorie wsteczne

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (27.10.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀: Piotrkowa Trybunalskiego (100 µg/m³) w woj. łódzkim i Ostrawy (122 µg/m³) w Czechach.



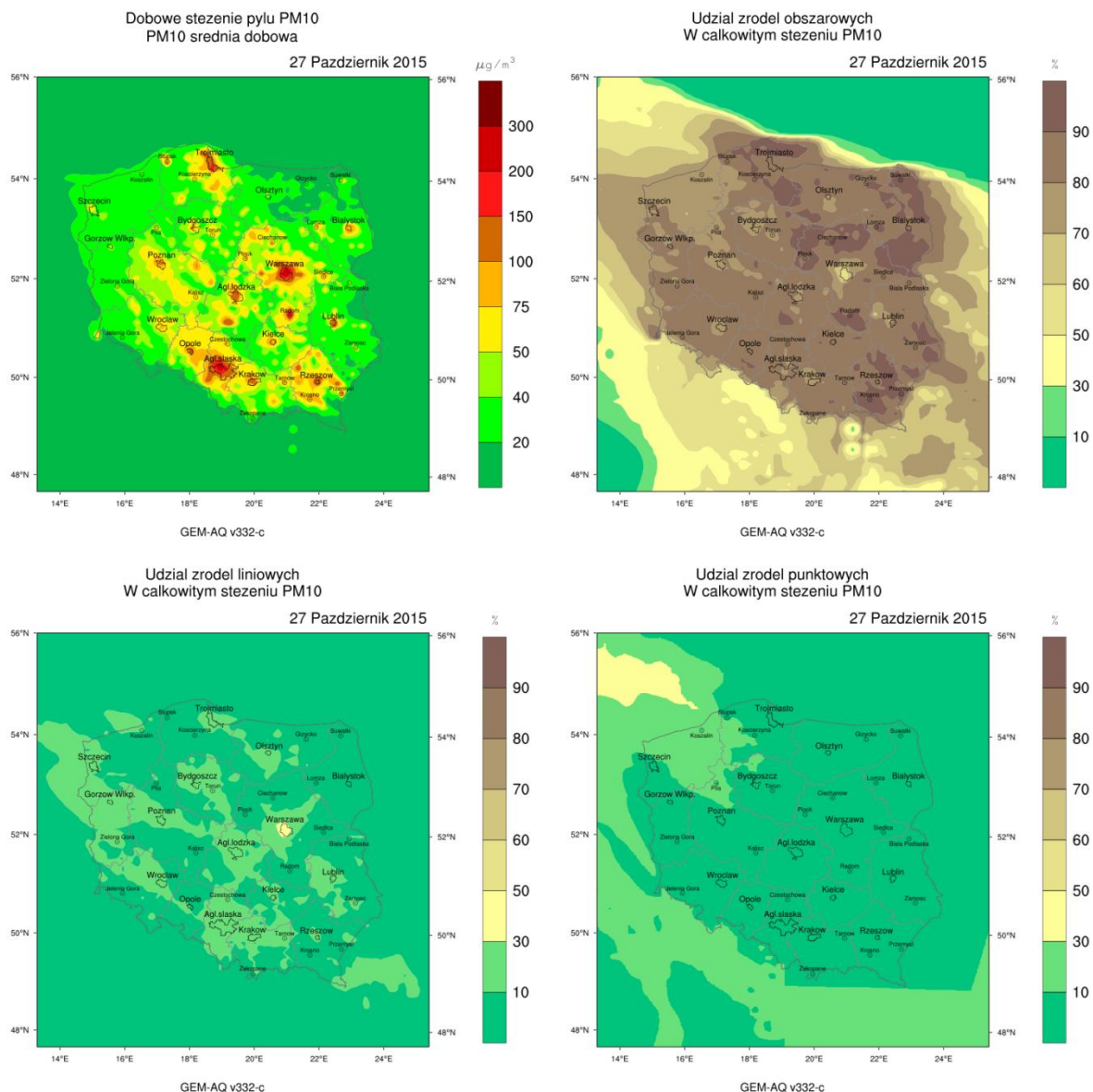
Rysunek 4.9-5.. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 27 października 2015 r.

Zbliżony charakter trajektorii obliczonych dla obu lokalizacji świadczy o wielkoskalowej cyrkulacji powietrza. Ich początki sięgają obszaru Szwecji oraz Morza Bałtyckiego (za wyjątkiem trajektorii 1000 m wyznaczonej dla Ostrawy). W ciągu pierwszych 24 godzin powietrze na wszystkich wysokościach napływało z kierunku północnego przez terytorium Polski, by gwałtownie zmienić kierunek na przeciwny na obszarze woj. małopolskiego i podkarpackiego (trajektorie dla Piotrkowa). Nieco łagodniej po prawoskrętnym łuku nad Słowacją kierunek zmieniły trajektorie określone dla Ostrawy.

Nad Piotrków powietrze napłynęło bezpośrednio z obszaru woj. świętokrzyskiego, natomiast nad Ostrawę – z rejonu północnej Słowacji.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

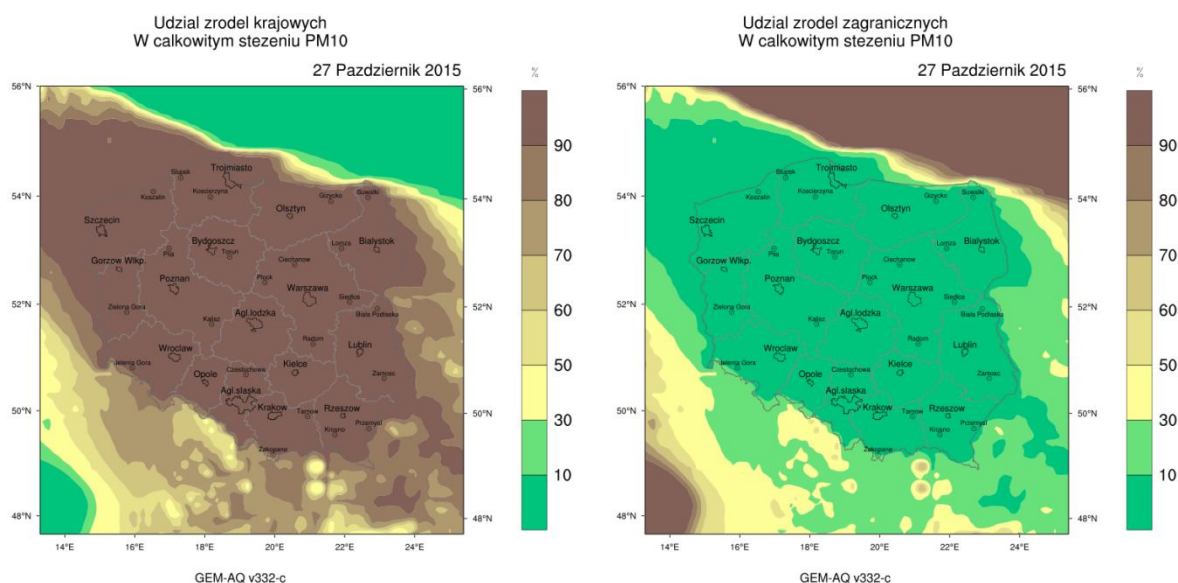
Wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy modelu matematycznego dla dnia 27.10.2015 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń PM10 w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na całym obszarze kraju z wyłączeniem terenów zachodniej i północno-zachodniej Polski oraz województwa warmińsko-mazurskiego wraz ze znaczną częścią województw podlaskiego i lubelskiego. Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenie PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz drogi ekspresowej nr 7 od Gdańska po Nidzicę.



Rysunek 4.9-6. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 27 października 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przeważnie z indywidualnymi systemami grzewczymi (nawet 90% wartości stężenia dobowego, choć przeciętnie 60-80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-80%. Mniejszy udział procentowy mają źródła liniowe – przeważnie od 10% do 30% i przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 7 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, oraz w rejonach wysokich stężeń PM10 był

niewielki i przeważnie osiągał wartość 10%, choć w Polsce północno-zachodniej udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 30%.



Rysunek 4.9-7. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 27 października 2015 r.

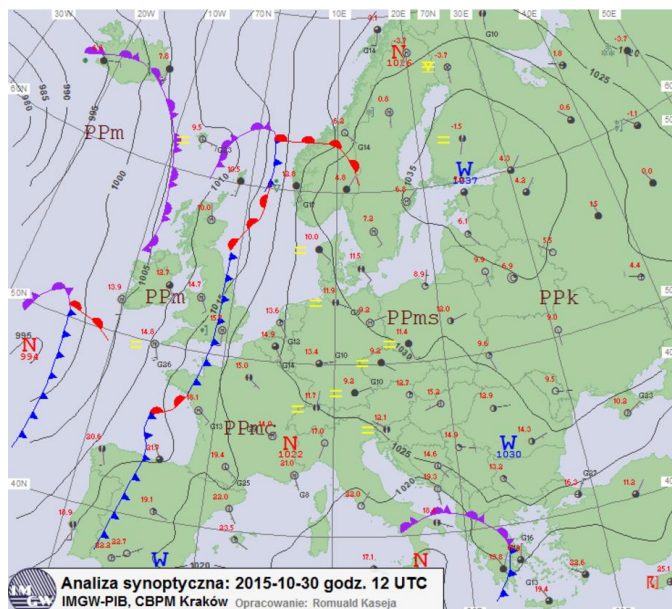
O wysokiej wartości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (przeważnie 90%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na obszarze całego kraju był w zasadzie niezauważalny i osiągał wartości maksymalnie do 10%, z wyjątkiem obszaru graniczącego z obwodem kaliningradzkim, gdzie w pasie przygranicznym osiągnięto wartości do 50% udziału ze źródeł zagranicznych. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężenia pyłu na obszarze Czech, regionu karpackiego oraz wschodniej Ukrainy (50-80% udziału). Zauważalny jest również wpływ źródeł z terenu Polski na poziom stężenia PM10 nad południowo-wschodnią częścią Bałtyku (do 90%).

4.10. Epizod 10. Od 28 do 31 października 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)

Sytuacja synoptyczna

W okresie tym Polska znajdowała się pod wpływem przemieszczającego się na południowy wschód układu wysokiego ciśnienia z centrum nad obszarem Zatoki Fińskiej i centrum lokalnym nad obszarem południowej Rumunii. Nastąpił stopniowy napływ mas powietrza polarne morskiego starego, które wypierały powietrze polarne kontynentalne. Masy te przechodząc od zachodu na wschód kraju nie wpłynęły znacząco na zmianę temperatury, która w trakcie epizodu wynosiła średnio 11°C. Na obszarze kraju nie odnotowano

zamglenia oraz opadu. Występowało zachmurzenie od małego i umiarkowanego w północnej i centralnej Polsce, do całkowitego na obszarze południowo-zachodnim. Przeważał wiatr słaby, północno-wschodni i południowo-wschodni.



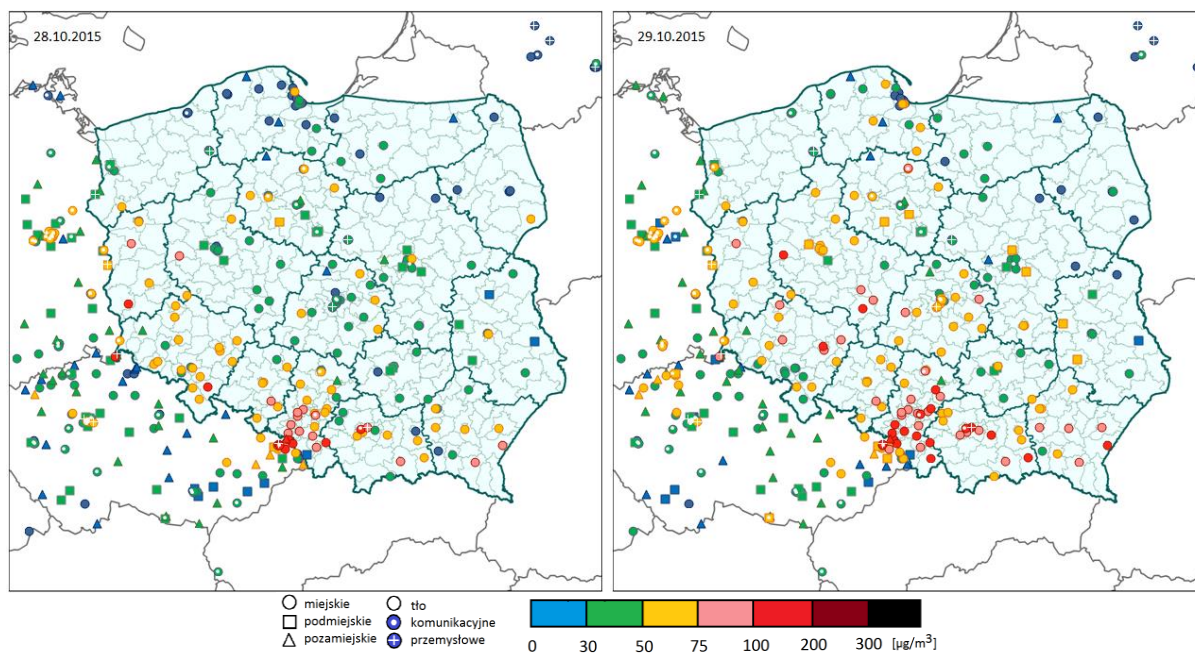
Rysunek 4.10-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 30 października 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

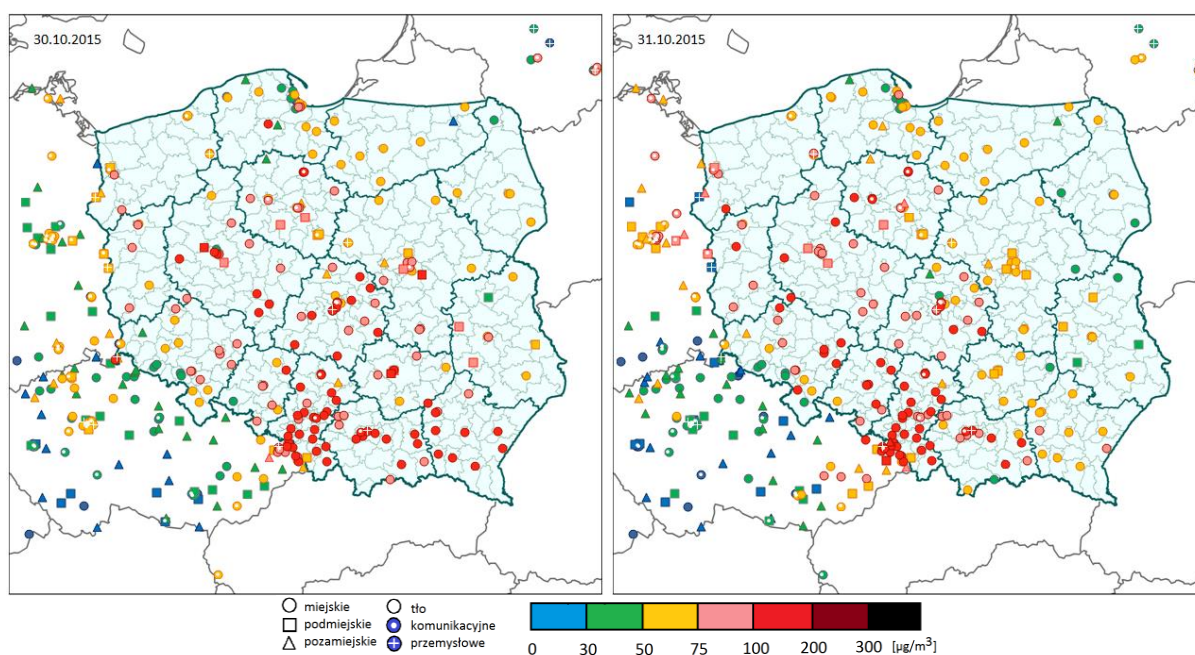
Zasięg występowania wysokich stężeń podczas epizodu z okresu 28-31.10.2015 r. zmieniał się w kolejnych dniach (rys. 4.10-2 - rys. 4.10-3). Przez pierwsze dwa dni wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły głównie w woj. śląskim, małopolskim i podkarpackim. W trzecim, kulminacyjnym dniu epizodu (30.10.2015 r.) poziom epizodu przekroczony był na blisko 130 stanowiskach w 14 województwach. Tylko w woj. warmińsko-mazurskim i podlaskim nie stwierdzono przekroczeń poziomu epizodu, aczkolwiek nawet w tych województwach na większości stacji przekroczony był poziom dopuszczalny D₂₄=50 µg/m³. Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były też w Czechach, głównie okolicach Ostrawy i Czeskiego Cieszyna.

W kolejnym dniu (31.10.2015r.) stężenia PM₁₀ we wschodniej połowie kraju zmniejszyły się. Przekroczenia poziomu epizodu występowały licznie w centralnej (woj. łódzkie, wielkopolskie, kujawsko-pomorskie), zachodniej i południowej części kraju. Utrzymywały się wysokie stężenia PM₁₀ na wielu stacjach we wschodnich Czechach, przekroczenia poziomu 75 µg/m³ zanotowano też na kilku stacjach komunikacyjnych i kilku stacjach tła we wschodnich Niemczech.

Podczas trwania epizodu poziomy informowania (200 µg/m³) i alarmu (300 µg/m³) nie były przekroczone.



Rysunek 4.10-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 28-29.10.2015 r.



Rysunek 4.10-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 30-31.10.2015 r.

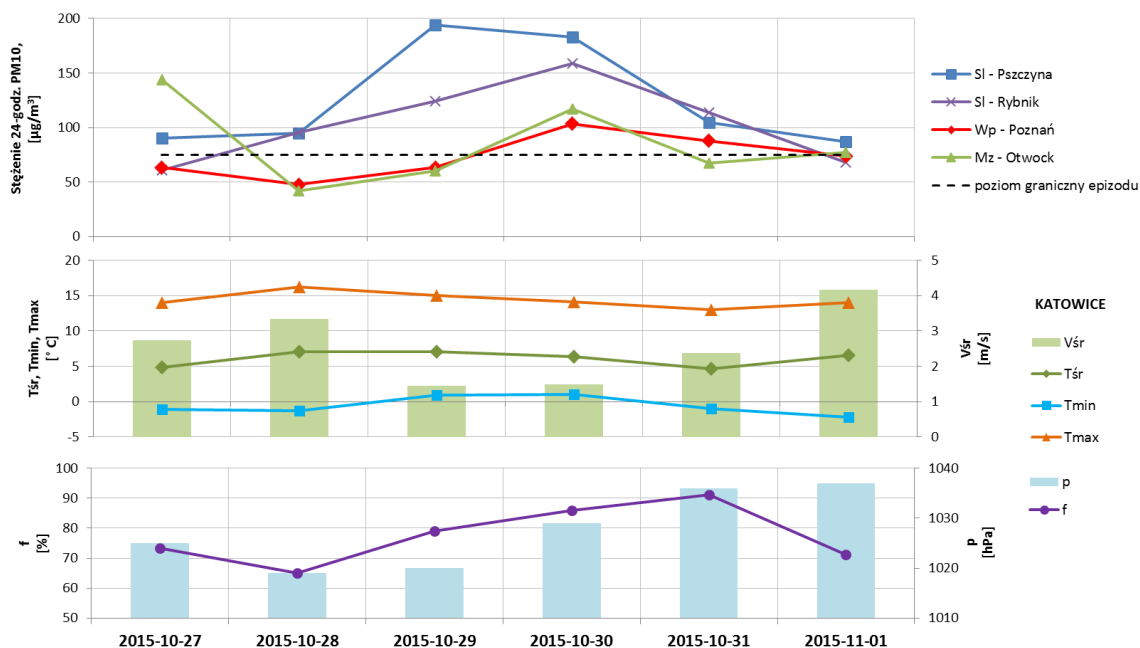
Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 30.10.2015 r. (rys. 4.10-3). W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wyżowego obejmującego Europę Centralną, Bałkany, Skandynawię, Ukrainę i zachodnią część Rosji. Występowały mgły i zamglenia w ciągu całej doby (Katowice). Wiatr był słaby, okresowo utrzymywała się cisza. Temperatura powietrza wynosiła od 1 do 14 °C. Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się w ciągu części dnia inwersji temperatury w dolnej warstwie atmosfery, sprzyjającej kumulacji zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowaniu wysokich stężeń PM₁₀. Wysokie stężenia,

przekraczające poziom epizodu, notowane były na wielu stacjach tła w centralnej i południowej części Polski. Najwyższe dobowe stężenie PM10 wystąpiło na stacji tła miejskiego w Pszczynie w woj. śląskim ($183 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 91% stanowisk w Polsce, w tym na 92% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 61% stanowisk w kraju, w tym na 64% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami przekroczenia poziomu epizodu nie zarejestrowano. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 62 stanowiskach w 11 województwach. Na 70% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim, małopolskim i podkarpackim – $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 4.10-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 28.10-31.10.2015 r.

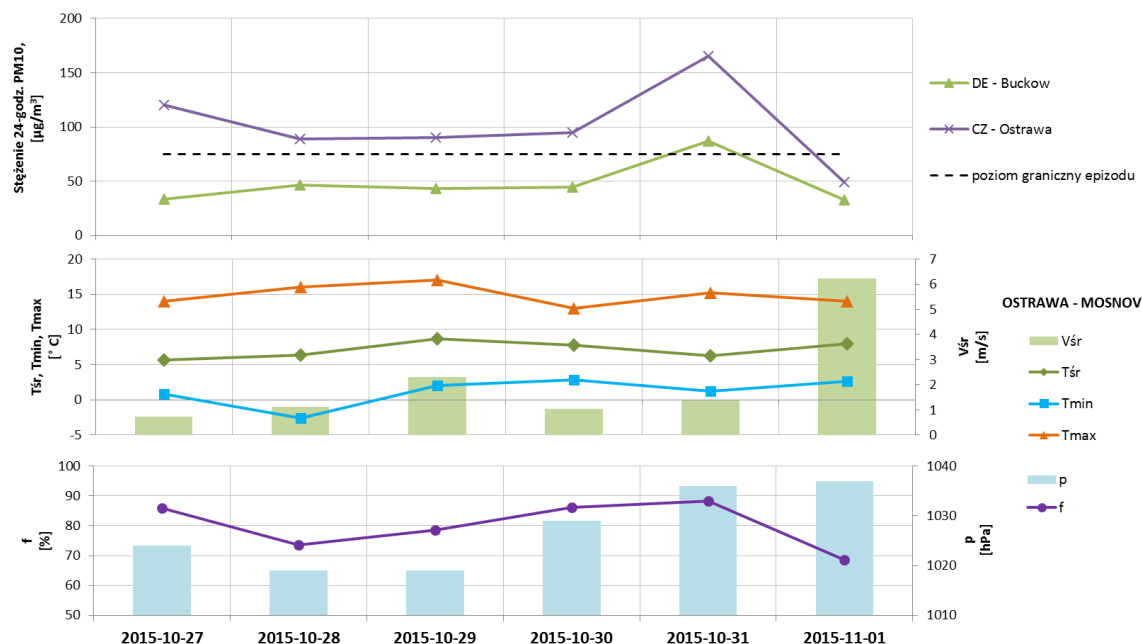
	Jedno -stka	28.10. 2015	29.10. 2015	30.10. 2015	31.10. 2015
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	48.4	60.1	86.1	80.0
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	37	58	91	88
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	23	61	48
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	6	18	70	60
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	130	194	183	181
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	49.1	61.1	87.2	79.9
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	40	61	92	89
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	24	64	49
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	130	194	183	152
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.1	34.3	50.6	62.4
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	50	70
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0	20
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	43	49	75	94
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	5	4	9	13
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0	3



Rysunek 4.10-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

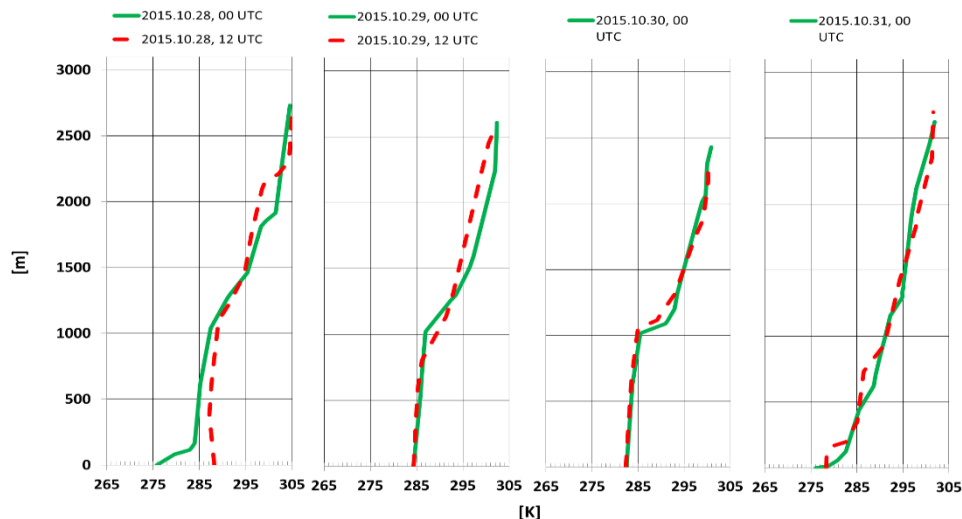
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniach 28-31.10.2015 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były w Czechach i w Niemczech. W Czechach najwięcej przekroczeń poziomu epizodu (na 13 stacjach tła) wystąpiło w dniu 31.10.2015 r. - głównie w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy. Stężenia 24-godz. PM10 na stacjach tła dochodziły tam wówczas do $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W tym dniu, na 10 stacjach w północno-wschodniej części Niemiec, w tym na 3 stacjach tła, stężenie S24 przekroczyło poziom epizodu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.10-5. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach i Niemczech oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie

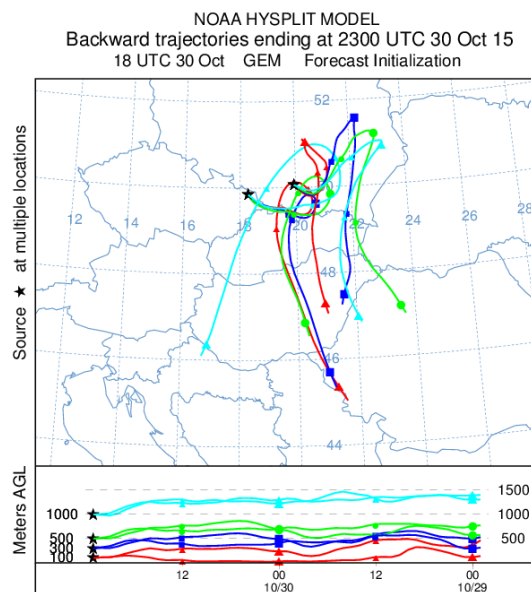
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 28-31.10.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).



Rysunek 4.10-6. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondy aerologicznych w Prostejovie w dniach 28-31.10.2015 r.

Analizując wykresy temperatury potencjalnej dla tego okresu widać ich dość duże zróżnicowanie. Pierwszego dnia tego okresu dla godzin nocnych dominowała równowaga stała, natomiast dla godzin dziennych w warstwie przyziemnej do wysokości około 350 m występowała równowaga lekko chwiejna, a od 350 m była to naprzemiennie równowaga lekko stała bądź stała. W przypadku równowagi atmosfery, dwa kolejne dni tego okresu były silnie zbliżone, i na całej analizowanej wysokości występowała równowaga lekko stała bądź stała. Ostatni dzień tego okresu charakteryzował się silną równowagą stałą w nocy, za dnia do wysokości około 200 m występowała równowaga obojętna, natomiast powyżej równowaga stała bądź lekko stała. Dla całego okresu zauważalna są dwie delikatne inwersje osiadania, stale opadające początkowo na wysokości około 1150 m oraz 2250 m, aby ostatniego dnia tego okresu znaleźć się ostatecznie na wysokość 200 m i 750 m. Pierwszego i ostatniego dnia tego okresu wystąpiły również przypowierzchniowe, przy czym inwersja ta pierwszego dnia była znacznie grubsza niż dnia ostatniego. Temperatura przy powierzchni gruntu od 2°C w nocy do 14°C w dzień podczas pierwszego dnia epizodu, z tendencją spadkową do około 4°C w dzień podczas ostatniego dnia epizodu.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.10-7. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 30 października 2015 r.

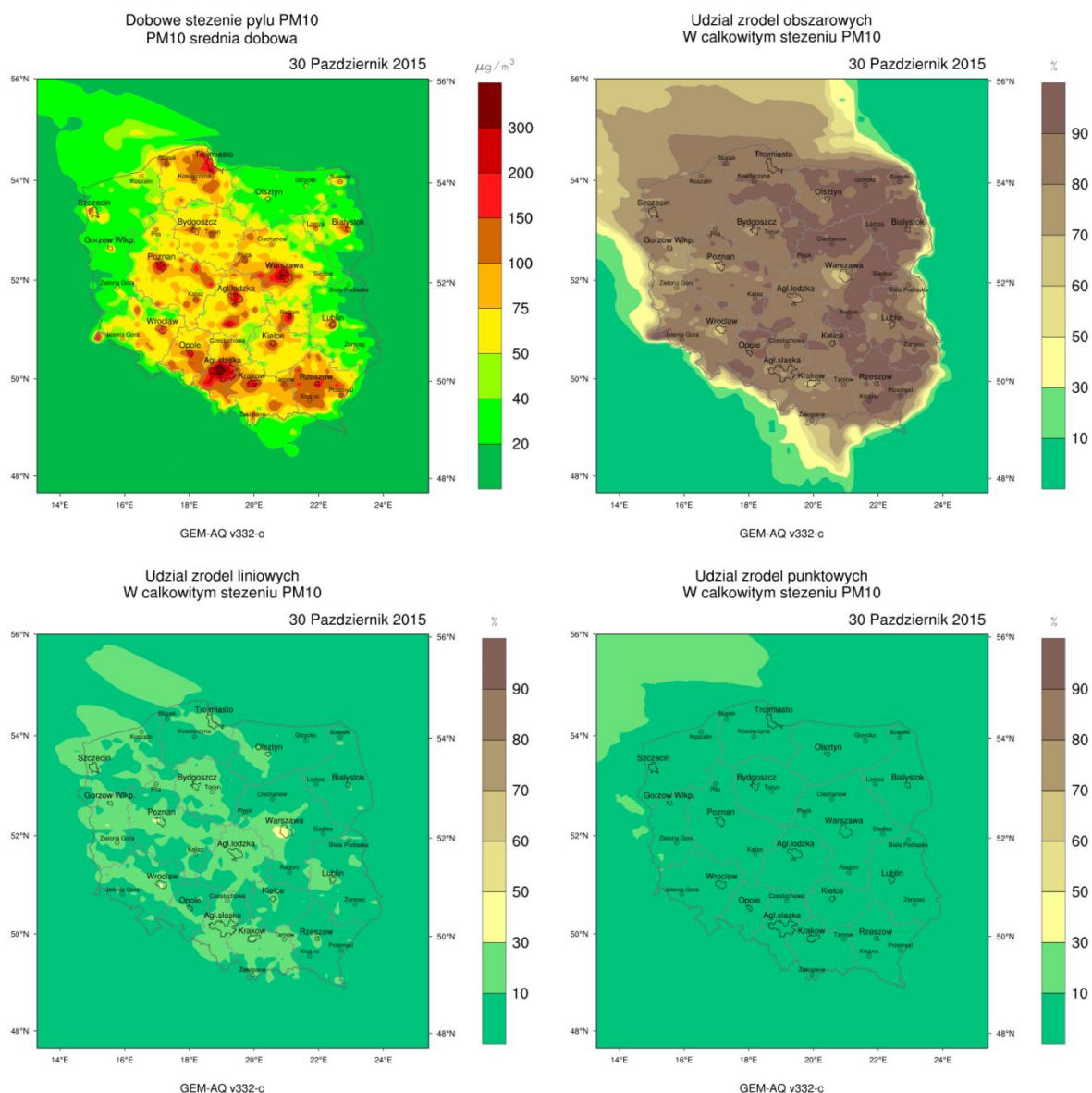
Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (30.10.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM10: Krakowa ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Ostrawy ($95 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w Czechach.

W przypadku obu lokalizacji trajektorie wskazują na dużą zmienność kierunku wiatru na wszystkich analizowanych wysokościach, zwłaszcza w okresie ostatniej doby. Początek trajektorii jest umiejscowiony na obszarze Węgier oraz Rumunii. Wiatr południowy i południowo-wschodni, po upływie ok. 24 godzin zmienił się na północno-wschodni w rejonie województwa lubelskiego. Na poziomie ok. 100 m następowała w ostatniej dobie kilkukrotna zmiana kierunku wiatru: z południowego na północno-zachodni, północny i wschodni, wraz ze spadkiem jego prędkości.

Nad Kraków powietrze napłynęło bezpośrednio z obszaru woj. małopolskiego i świętokrzyskiego, podczas gdy nad Ostrawę – z rejonu Małopolski i wzdłuż południowej granicy kraju, znad północnej Słowacji.

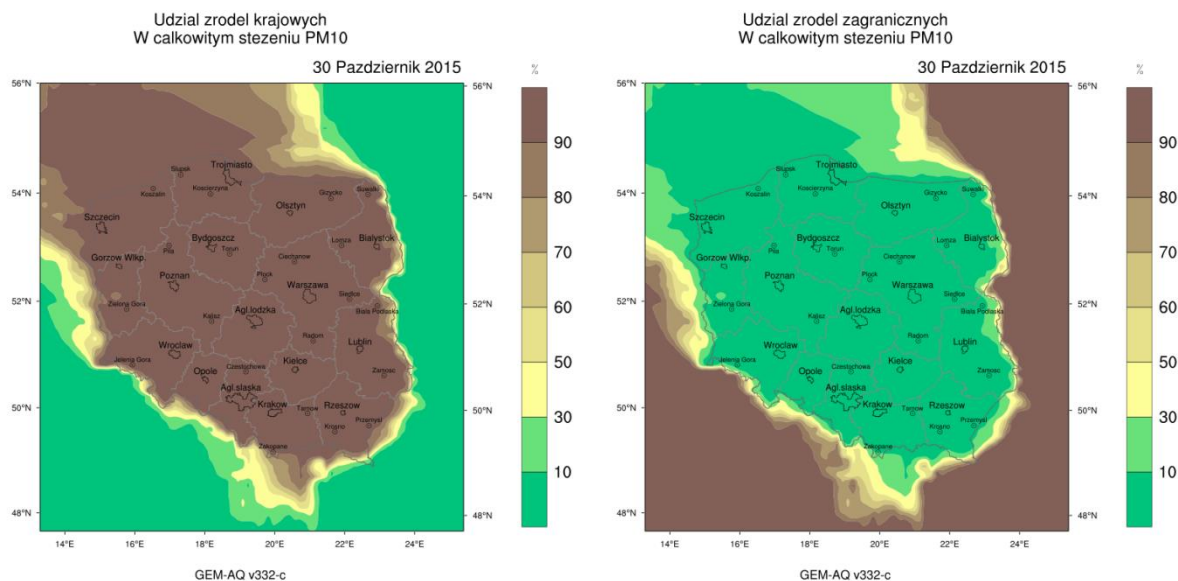
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 30.10.2015 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz ich otoczeniu na obszarze całego kraju z wyłączeniem Polski północno-zachodniej oraz obszaru województwa warmińsko-mazurskiego. Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenie PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku między Grudziądem i Częstochową, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 7 na odcinku Gdańsk-Nidzica i nr 10.



Rysunek 4.10-8. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 30 października 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi - od 80% wartości stężenia dobowego w zachodniej części kraju, do 90% w części wschodniej. Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-80%. Procentowy udział źródeł liniowych nie jest wysoki – przeważnie 10-30% i ma on miejsce przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 7 i nr 10 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀ był mały i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.10-9. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 30 października 2015 r.

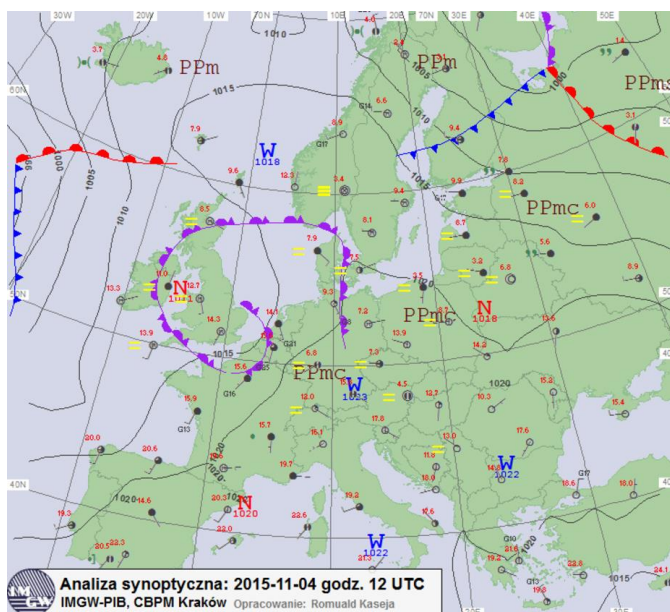
O wysokiej wartości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (przeważnie 90%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na obszarze całego kraju był niewielki i osiągał wartości maksymalnie do 10%, z wyjątkiem pasa przygranicznego, gdzie wystąpiło do 50% udziału ze źródeł zagranicznych. Polskie źródła emisji mogły mieć pewien wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Słowacji północnej (50-80%) oraz południowej części Bałtyku (60-80%).

4.11. Epizod 11. Od 2 do 7 listopada 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)

Sytuacja synoptyczna

W tym czasie Polska znajdowała się pod wpływem układu wysokiego ciśnienia mającego swoje centrum nad obszarem Bałkanów i odpowiedzialnego za dopływ ciepłego powietrza znad Afryki i korzystne warunki pogodowe. Wraz z upływem czasu coraz większą rolę zaczynał jednak odgrywać wyż formujący się nad Bałtykiem i przenoszący chłodne masy powietrza polarnego. Nad obszarem kraju podobnie jak nad obszarem większości Europy zalegały masy powietrza polarnego morskiego ciepłego, które napłynęły znad obszaru Atlantyku. W związku z nadchodzącym frontem zokludowanym następował spadek temperatury, kształtowała się ona na poziomie od 4°C na północy kraju do 14°C na południu, jednak ostatniego dnia tego okresu po przejściu wspomnianego frontu nastąpił jej spadek nawet do wartości średnio 1°C. W północnej części kraju odnotowano umiarkowane zamglenie, opad nie wystąpił przez większą część okresu - przelotne opady deszczu pojawiły się w dwóch ostatnich dniach. Zachmurzenie

całkowite przeważało na północy i w centrum Polski, na pozostałym obszarze zachmurzenie małe. Dominowały słabe wiatry z kierunków południowych.



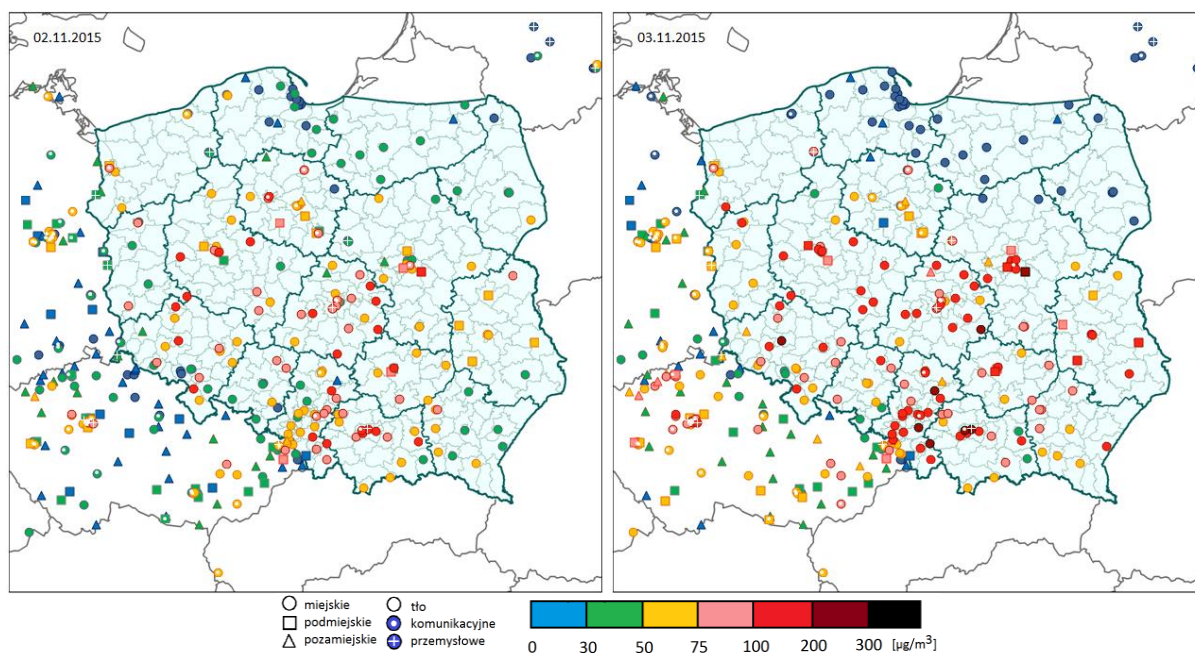
Rysunek 4.11-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 4 listopada 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

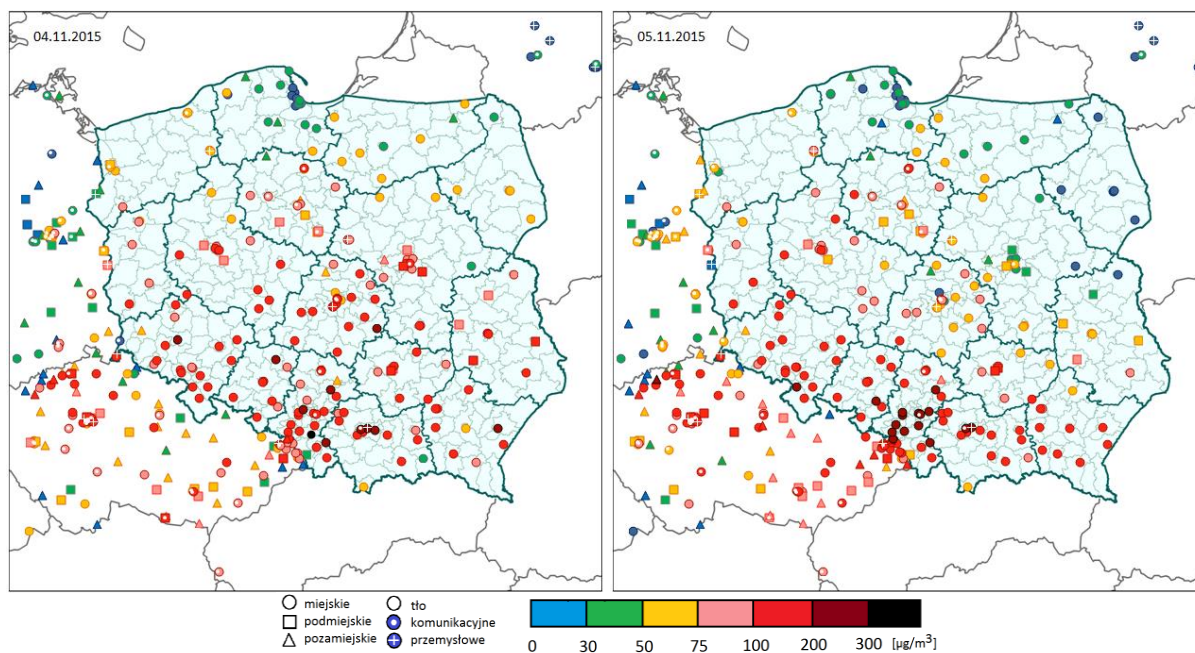
Zasięg występowania wysokich stężeń podczas epizodu z okresu 2-7.11.2015 r. zmieniał się w kolejnych dniach (rys. 4.11-2 - rys. 4.11-4). Pierwszego dnia wysokie stężenia PM10 wystąpiły na ok. 60 stacji głównie w centrum, na południu i południowym zachodzie kraju. W drugim dniu obszar występowania wysokich stężeń rozszerzył się obejmując 13 województw (bez woj. pomorskiego, warmińsko-mazurskiego i podlaskiego). Stężenia wyższe od poziomu epizodu wystąpiły już na przeszło 100 stacjach w Polsce i na blisko 30 stacjach w Czechach. Maksymalne stężenie dobowe PM10 w Polsce wynosiło $265 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W trzecim, kulminacyjnym dniu epizodu (4.11.2015 r.), nastąpił dalszy wzrost stężeń PM10. Tylko na północy i północnym wschodzie Polski stężenia nie przekraczały progu epizodu. W 13 województwach, na przeszło 140 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu. Na 74.9% stacji stężenia w tym dniu przekraczały poziom percentyla 95 z rocznej serii pomiarowej. W 6 województwach przekroczony był poziom informowania, w woj. śląskim, w Pszczynie, stężenie PM10 przekroczyło poziom alarmowy. W Czechach na 50 stanowiskach notowane były stężenia PM10 wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w Niemczech na 5 stacjach komunikacyjnych i przemysłowych. W kolejnym dniu (5.11.2015 r.) wysokie stężenia w dalszym ciągu utrzymywały się na południu Polski i w Czechach. W tym dniu poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na 16 stanowiskach, w tym na 11 w woj. śląskim. W centrum Polski oraz na północy i północnym wschodzie, stężenia były niższe niż dzień wcześniej. W Czechach poziom epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na 75 stanowiskach, w tym na 52 stanowiskach tła. W dniu 6.11.2015 r. sytuacja w zakresie stężeń PM10 nie zmieniła się istotnie w stosunku do dnia poprzedniego. W kolejnym dniu (7.11.2015 r.) obniżyły się stężenia w zachodniej części Polski, wzrosły w części

centralnej oraz w woj. lubelskim i świętokrzyskim. Mimo generalnego spadku stężeń w woj. śląskim, na jednej stacji w tym województwie (Godów) wystąpiło przekroczenie poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w dalszym ciągu utrzymywały się na przeszło 20 stacjach w Czechach.

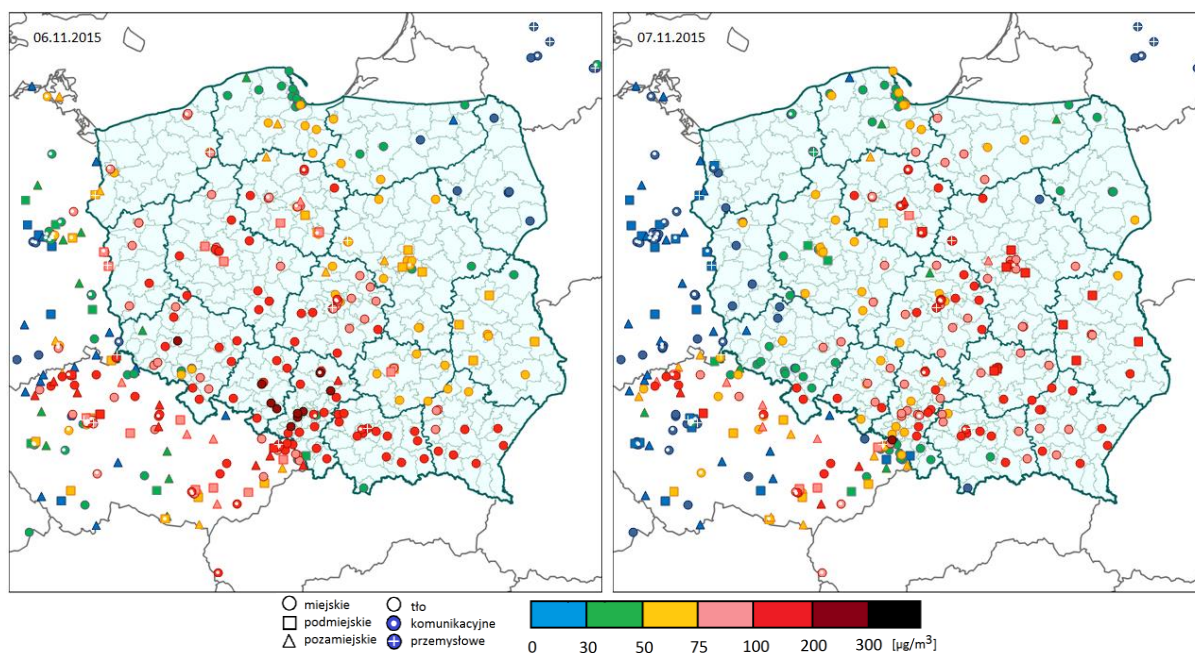
Podczas sześciu dni trwania epizodu poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był w ciągu 5 dni (3-7.11.2015 r.). W tych dniach zarejestrowano w sumie 46 przypadków przekroczeń poziomu informowania oraz jedno przekroczenie poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Rysunek 4.11-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 2-3.11.2015 r.



Rysunek 4.11-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 4-5.11.2015 r.



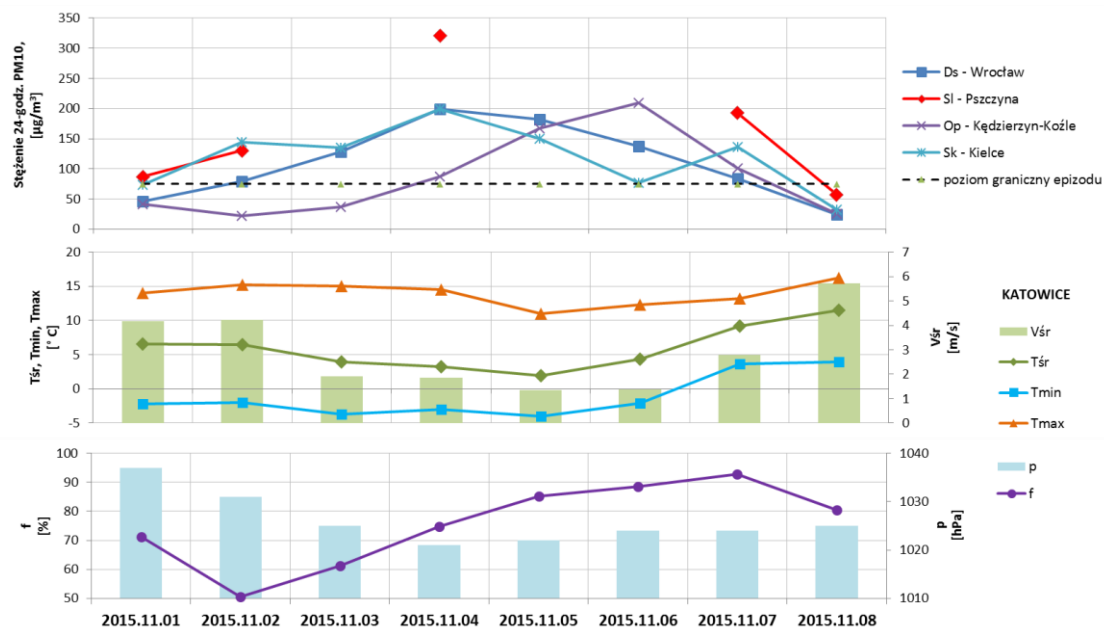
Rysunek 4.11-4. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 6-7.11.2015 r.

Jak wspomniano wyżej, kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 4.11.2015 r. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wyżowego obejmującego Europę centralną, południową i południowo-zachodnią, Bałkany, Ukrainę i Morze Czarne. W Polsce występowały mgły i zamglenia w ciągu całej doby (Katowice). Zachmurzenie było małe. Wiatr był słaby z kierunków zmiennych, okresowo utrzymywała się cisza. Temperatura powietrza wynosiła od -2 do 14 °C. Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się nocą i w ciągu części dnia inwersji temperatury w dolnej warstwie atmosfery. Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich

województwach. W 13 województwach, na przeszło 140 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Przekroczeń takich nie było tylko na północy i północnym wschodzie Polski. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 87% stanowisk w Polsce, w tym na 88% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 69% stanowisk w kraju, w tym na 72% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. W 6 województwach, w sumie na 11 stacjach pomiarowych, przekroczony był poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W Pszczynie stężenie PM10 przekroczyło poziom alarmowy ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i osiągnęło maksymalną wartość w kraju ($321 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 97 stanowiskach w 12 województwach. Na 74.9% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, dolnośląskim, opolskim i łódzkim – $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 4.11-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 2-7.11.2015 r.

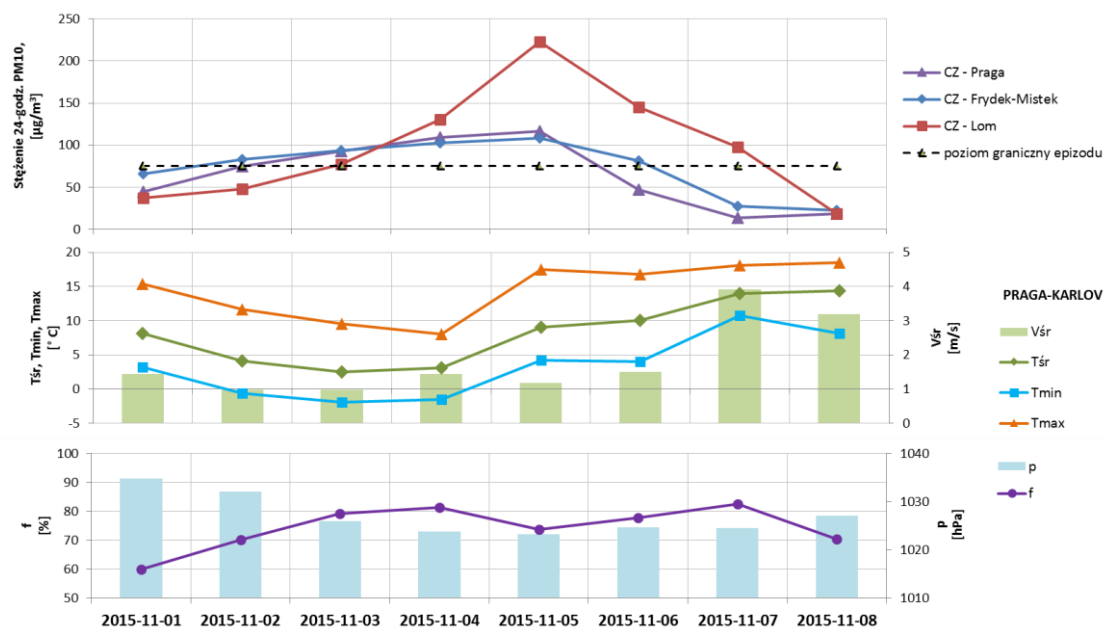
	Jedno -stka	02.11. 2015	03.11. 2015	04.11. 2015	05.11. 2015	06.11. 2015	07.11. 2015
Wszystkie stanowiska w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	62.9	83.5	104.4	96.9	93.7	78.8
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	62	74	87	79	84	72
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	29	51	69	54	57	54
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	23	52	74.9	56	64	56
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	162	265	321	279	271	207
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	63.3	84.6	106.6	98.6	95.0	79.6
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	64	75	88	79	84	74
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	28	53	72	57	58	55
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	157	228	321	279	271	207
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	34.4	40.4	51.4	47.6	64.3	47.8
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	10	50	50	40	70	40
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	10	10	10	20	20
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	60	76	84	88	145	107
Stanowiska tła poza granicami Polski							
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	3	16	31	52	42	22
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0	1	1	0



Rysunek 4.11-5. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

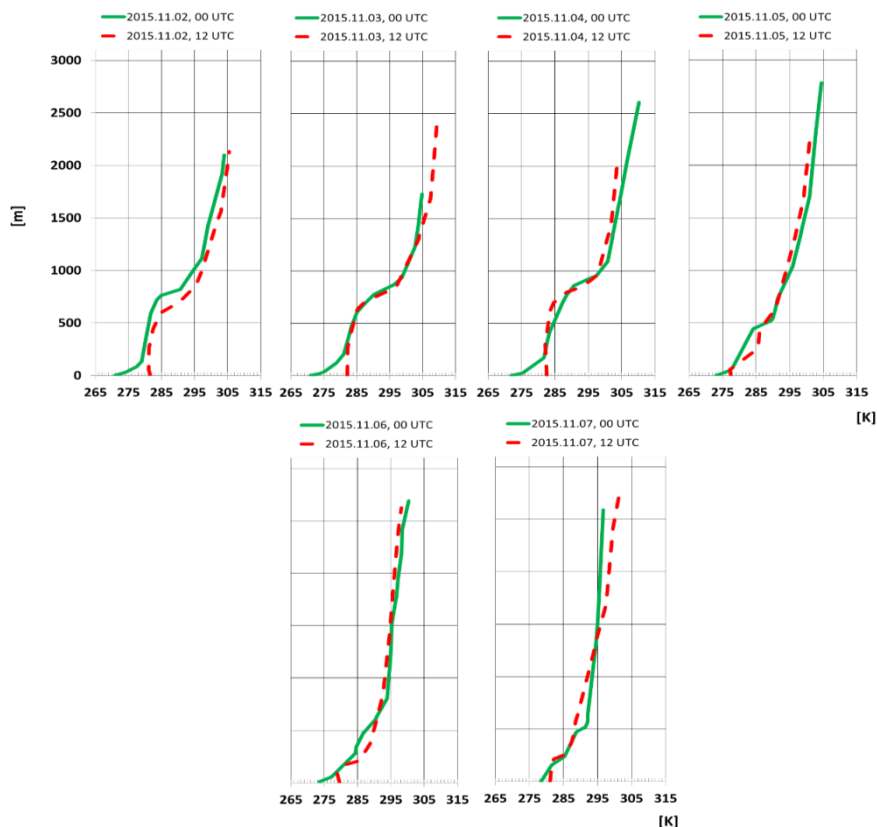
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniach 2-7.11.2015 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były w Czechach i w Niemczech (5-6.11.2015 r.). W Czechach najwięcej przekroczeń poziomu epizodu (na 52 stacjach tła i 23 stacjach innego typu) wystąpiło w dniu 5.11.2015 r. Stężenia 24-godz. PM10 na stacjach tła dochodziły tam wówczas do $222 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Lom w północno-zachodnich Czechach). W Niemczech przekroczenia poziomu epizodu na stacjach tła notowano na kilku stacjach (głównie komunikacyjnych), w tym na jednej stacji tła.



Rysunek 4.11-6. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Pradze

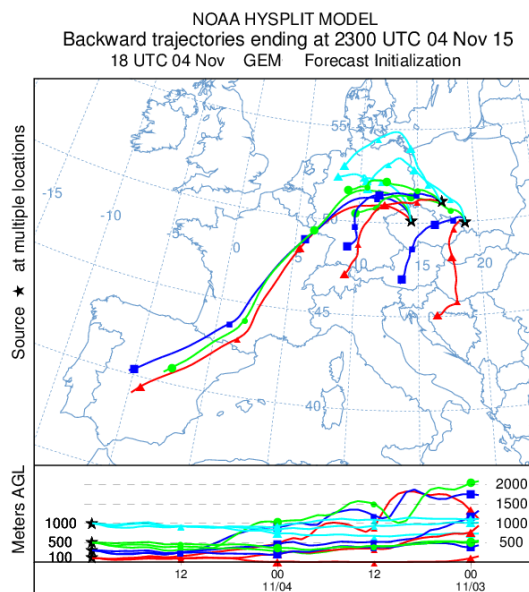
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 02-07.11.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).



Rysunek 4.11-7. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejovie w dniach 02-07.11.2015 r.

Wykresy temperatury potencjalnej wskazują, iż dla tego okresu dominowała równowaga stała bądź lekko stała zarówno dla dnia jak i nocy, z wyłączeniem warstwy przyziemnej w godzinach dziennych. Za dnia do wysokości około 200 m występowała równowaga chwiejna lub obojętna. W ciągu trzech pierwszych dni od 200 m do około 500 m kształtowała się równowaga obojętna, natomiast trzy kolejne dni to silna równowaga stała od wysokości 200 m do około 350 m. Dla całego okresu występowała silna, choć stopniowo słabnąca inwersja wyżowa, w trzech pierwszych dniach tego okresu znajdująca się na wysokości około 750 m, natomiast w trzech następnych dniach na wysokości około 250 m. We wszystkie rozpatrywane dni występowała również słabnąca inwersja radiacyjna, początkowo o grubości około 250 m, do około 150 m ostatniego dnia tego okresu. Dość silne zróżnicowanie pomiędzy temperaturą przy powierzchni ziemi w dzień oraz w nocy, od -3°C w nocy do 7°C w dzień dla pierwszych dni tego okresu, z tendencją do wzrostu w kolejnych dniach o około 7°C.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.11-8. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 4 listopada 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (04.11.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀: Wrocławia (199 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Pszczyny (321 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim i Pragi (109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w Czechach.

Trajektorie obliczone dla najwyższego poziomu zaczynają się na obszarze Niemiec i z kierunku północno-wschodniego zmierzają do punktów docelowych. W przypadku pozostałych wysokości charakter trajektorii wyznaczonych dla lokalizacji w Polsce i w Czechach jest odmienny.

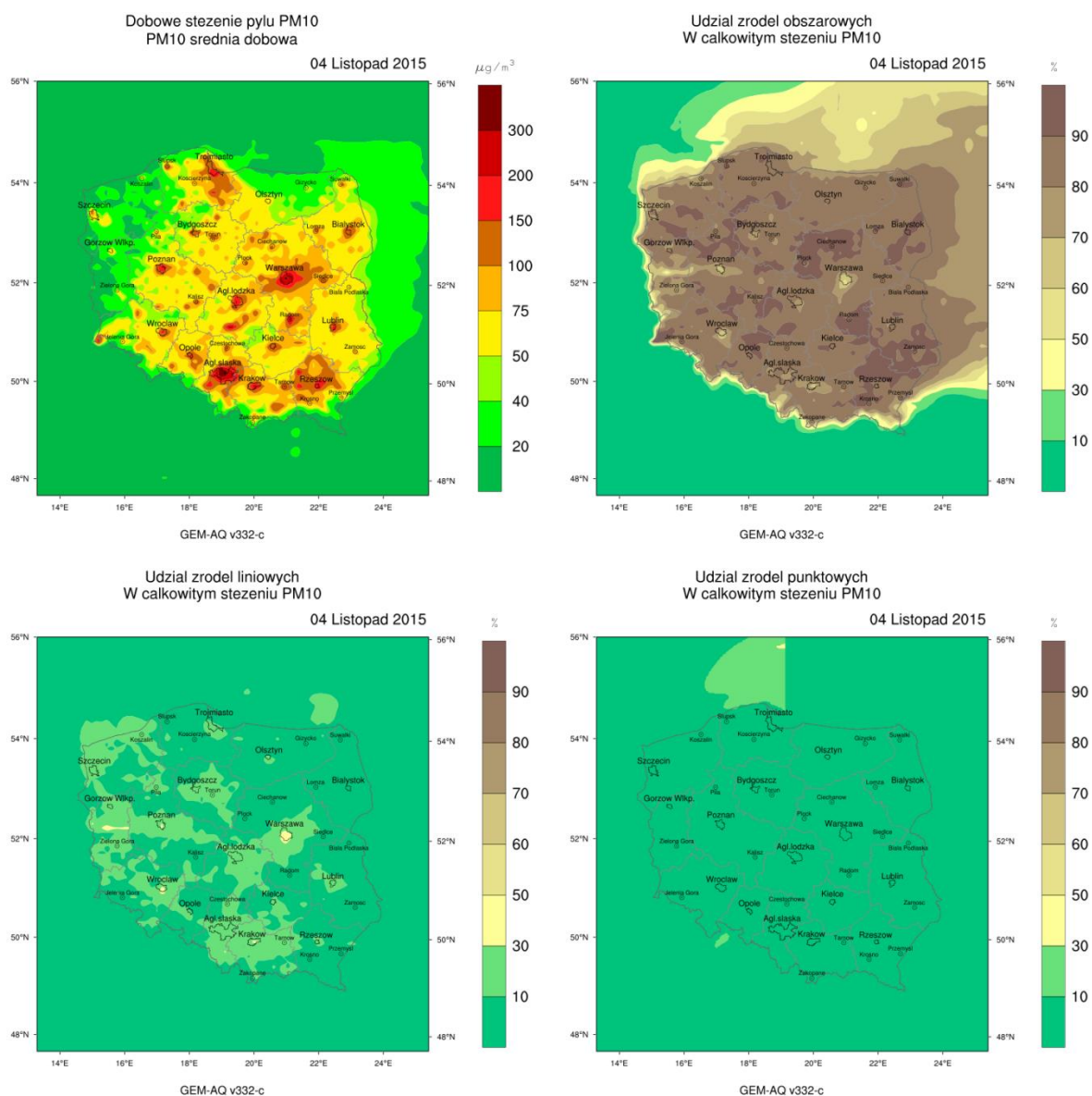
Trajektorie wskazujące na napływ mas powietrza nad Pragę mają swój początek nad środkową Hiszpanią. Wiejący z dość dużą prędkością wiatr zmienił kierunek z południowo-zachodniego na zachodni i następnie na północno-zachodni. Bezpośredni napływ powietrza nastąpił z obszaru Niemiec i północno-zachodnich rejonów Czech.

Trajektoria 100 m obliczona dla Wrocławia rozpoczyna się na obszarze Szwajcarii. Poprzez teren Niemiec powietrze napłynęło nad Wrocław z kierunku zachodniego. Napływ nad Pszczynę nastąpił z Bałkanów, poprzez Węgry, Słowację i wschodnią część Czech. Zwłaszcza w ostatnich 12 godzinach stwierdzić można stosunkowo niską prędkość wiatru w rejonie polskich miast uwzględnionych w analizie.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM₁₀ w dniu 04.11.2015 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz ich otoczeniu na obszarze całego kraju z wyłączeniem Polski północno-zachodniej oraz obszaru województwa warmińsko-mazurskiego. Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenie

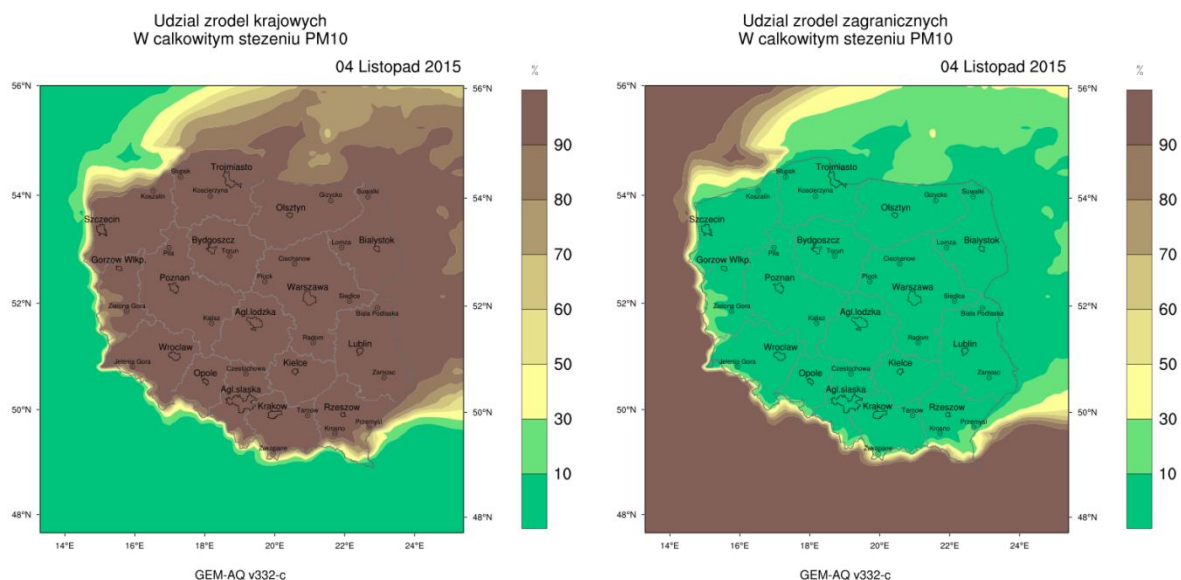
PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku między Łodzią i Częstochową, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 10.



Rysunek 4.11-9. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 4 listopada 2015 r.

Analizując udział poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 można zauważyć, iż największe znaczenie mają źródła powierzchniowe, co związane jest przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 90% wartości stężenia dobowego, choć przede wszystkim wartości na poziomie 70-80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacuje się na 50-80%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1 i nr 10 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z

wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, oraz w rejonach wysokich stężeń PM₁₀ był nieznaczny i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.11-10. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 4 listopada 2015 r.

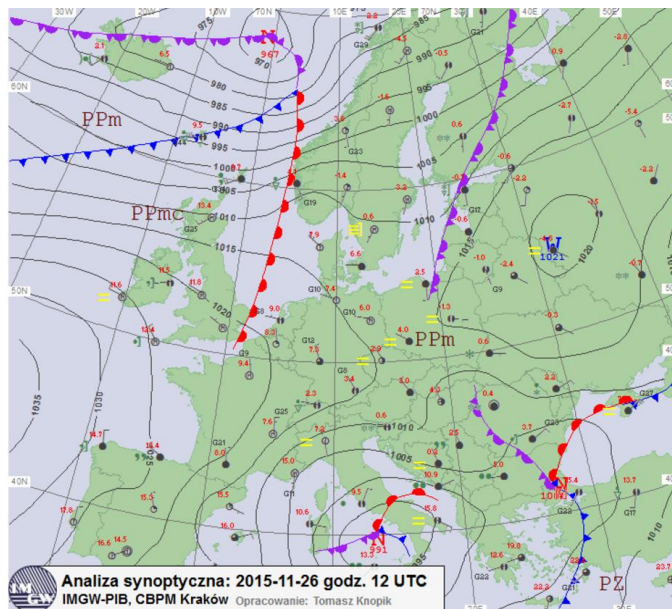
O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju nie był wysoki i osiągał wartości maksymalnie do 30%, choć dominował udział do 10%. Wyjątkiem były tereny położone wzdłuż zachodniej i południowej granicy Polski, gdzie wystąpiło do 50% udziału źródeł zagranicznych w pasie przygranicznym. W rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM₁₀ jest największy, z reguły stężenia pyłu nie są wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu w Obwodzie Kaliningradzkim oraz nad obszarem Litwy, zachodniej Białorusi i Ukrainy - wartości 70-90%.

4.12. Epizod 12. Od 25 do 28 listopada 2015 r.

Sytuacja synoptyczna

W tych dniach Polska znajdowała się pod wpływem układu wysokiego ciśnienia mającego swoje centrum nad granicą białorusko-rosyjską. Przez obszar kraju, z kierunku zachodniego przechodził front zokludowany, powodujący nieznaczne opady śniegu i deszczu ze śniegiem na terenie całego kraju. Za frontem nad obszar kraju napływały masy powietrza polarnego morskiego w miejsce mocno już wypartego powietrza polarnego kontynentalnego. Temperatura od -1°C w centrum Polski do 4°C w części zachodniej. Na północy i w centrum

odnotowano umiarkowane zamglenie. Przelotne opady deszczu i śniegu przeważały w części południowej. W całym kraju zachmurzenie było przeważnie całkowite lub duże, dominował wiatr z południowego wschodu oraz południa - od słabego do umiarkowanego.

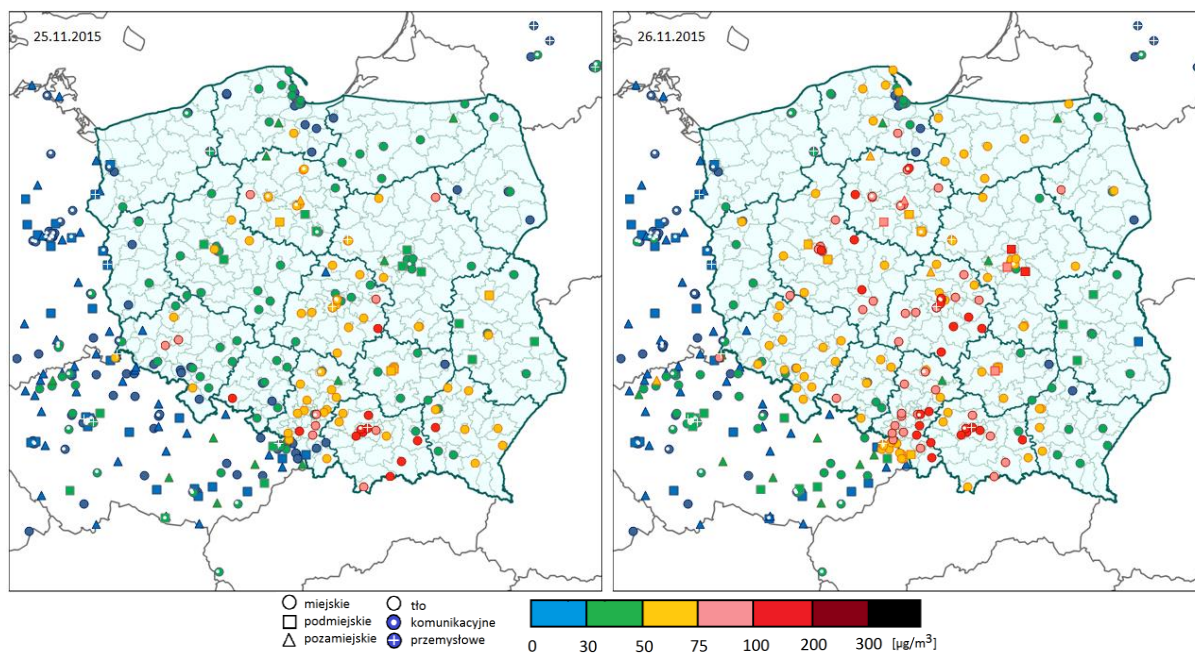


Rysunek 4.12-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 26 listopada 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

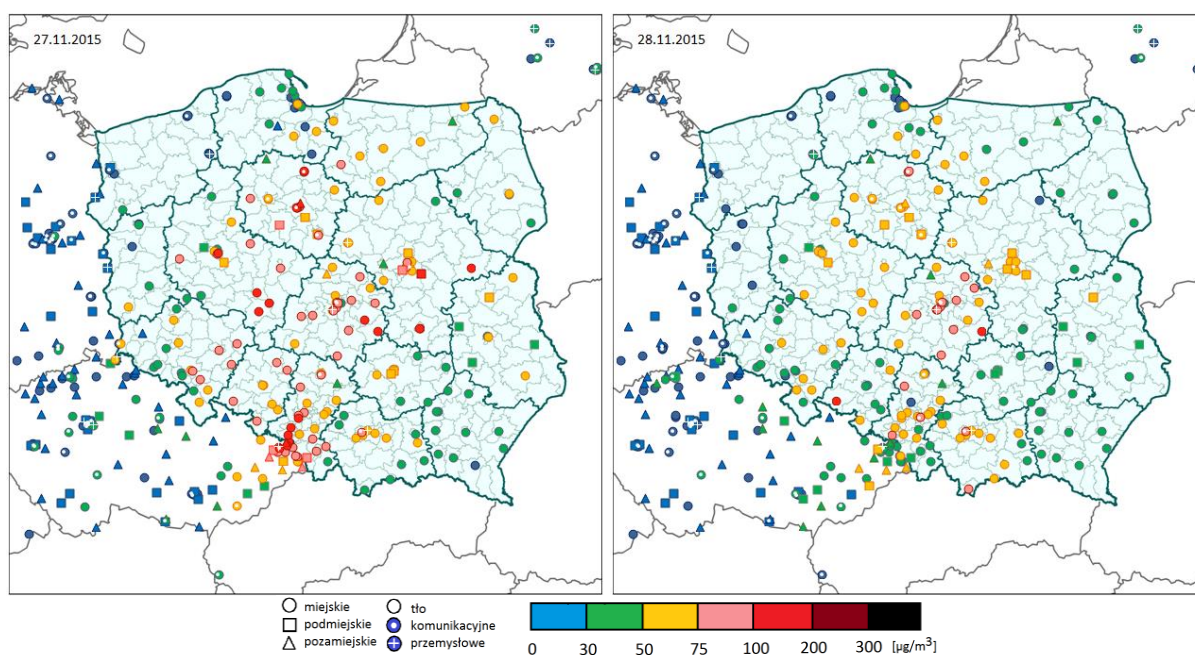
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Zasięg występowania wysokich stężeń podczas epizodu z okresu 28-31.10.02.2015 r. zmieniał się w kolejnych dniach (rys. 4.10-2 - rys. 4.11-3). Rozpoczął się w Małopolsce, a następnie, w drugim dniu, rozszerzył się na Śląsk i centrum kraju. W drugim, kulminacyjnym dniu epizodu, poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 70 stanowiskach w centrum i na południu kraju. W trzecim dniu zanieczyszczenie powietrza PM10 w Polsce było podobne jak dzień wcześniej. W tym dniu w Czechach, w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy, na 10 stanowiskach tła przekroczony został poziom epizodu. W dniu 28.11.2015 r. najwięcej przekroczeń wystąpiło na stacjach w woj. łódzkim.

Podczas trwania epizodu nie były przekroczone poziomy informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i alarmowy ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Rysunek 4.12-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 25-26.11.2015 r.



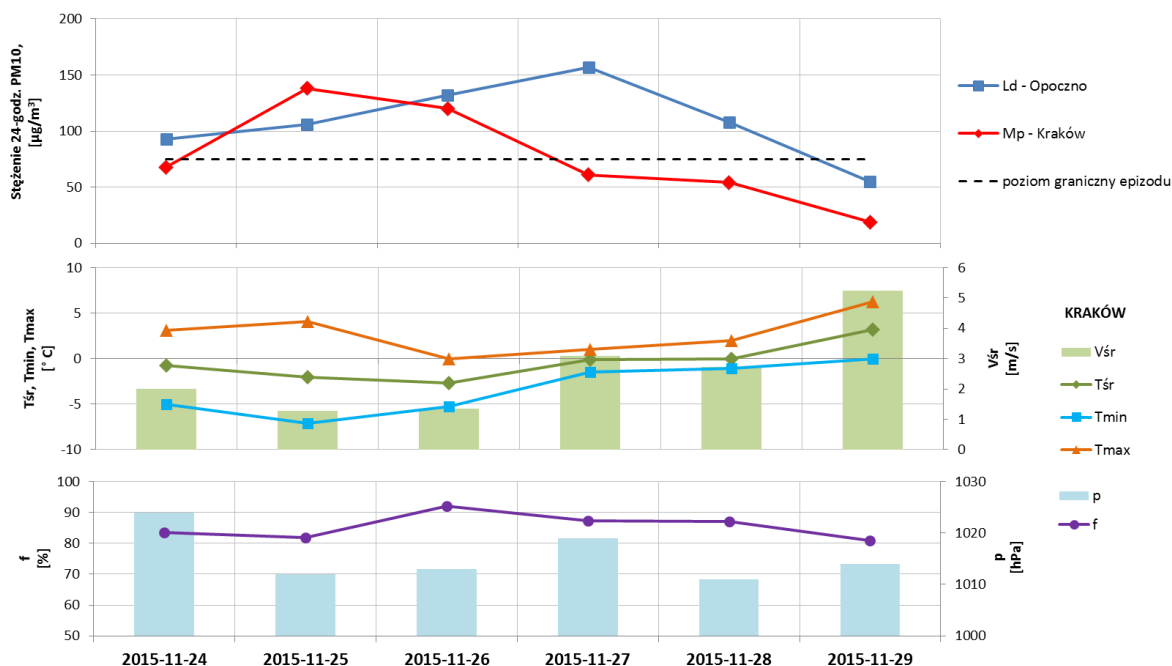
Rysunek 4.12-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 27-28.11.2015 r.

Jak zaznaczono wyżej, kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 26.11.2015 r. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu siodła barycznego związanego z układami wyzowymi znad zachodniej Rosji i Atlantyku. W Polsce występowały zamglenia w ciągu całej doby. Wiatr był słaby z kierunków zmiennych, okresowo utrzymywała się cisza. Temperatura powietrza wynosiła od -5 do 0 °C. Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach poza zachodniopomorskim i lubelskim. W 12 województwach, na ok. 70 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu (75 µg/m³). Wysokie stężenia występowały w centrum i na południu kraju. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na

70% stanowisk w Polsce, w tym na 71% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 33% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 33% stanowisk w kraju, w tym na 33% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 11% stanowisk tła pozamiejskiego. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 16 stanowiskach w 5 województwach. Na 32% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim i łódzkim – $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Opocznie w woj. łódzkim – $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

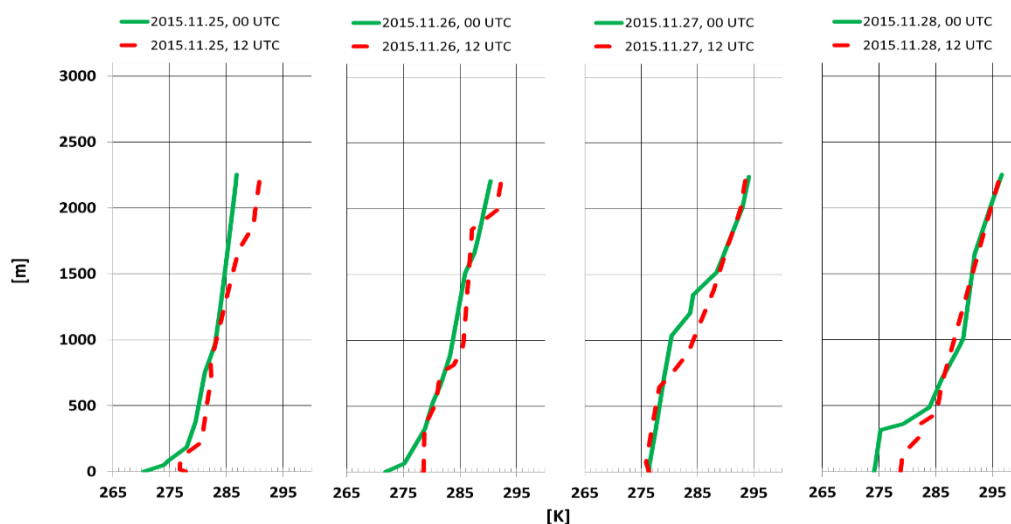
Tabela 4.12-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 25-28.11.2015 r.

	Jedno -stka	25.11. 2015	26.11. 2015	27.11. 2015	28.11. 2015
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50.2	66.0	62.3	50.8
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	39	70	61	48
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	10	33	29	9
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	8	32	25	5
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	140	136	157	143
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	49.9	65.9	62.7	50.5
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	39	71	62	46
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	10	33	29	8
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	138	136	157	143
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	35.5	45.3	43.3	40.0
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	33	22	25
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	11	11	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	60	85	113	66
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	0	0	10	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0	0



Rysunek 4.12-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 25-28.11.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Poprad (Słowacja, nr stacji: 11952).

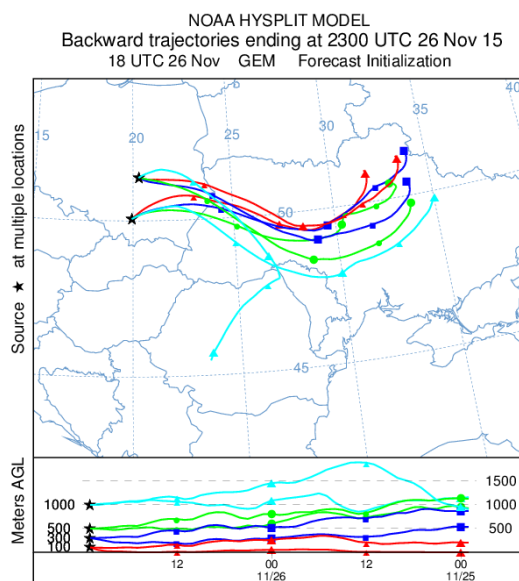


Rysunek 4.12-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Popradzie w dniach 25-28.11.2015 r.

Wykresy temperatury potencjalnej wskazują, iż dla tego okresu dominowała równowaga stała bądź lekko stała. Od tego stwierdzenia odbiegała jedynie za dnia warstwa przyziemna, gdzie do wysokości około 250 m występowała równowaga chwiejna bądź obojętna. W ciągu dwóch pierwszych dni tego okresu kształtowała się inwersja przyziemna, natomiast dla całego

okresu pojawiła się inwersja wyżowa, stopniowo przemieszczająca się na coraz niższą wysokość; początkowo występowała na wysokości około 1750 m, finalnie znalazła się na wysokości około 400 m. Różnica temperatur przy powierzchni ziemi pomiędzy dniem a nocą była raczej duża, z wyjątkiem trzeciego dnia tego okresu, gdy różnica ta w zasadzie nie występowała; od -3°C w nocy do 4°C w dzień, choć ostatniego dnia tego okresu nastąpił lekki wzrost temperatury o około 2°C.

Trajektorie wsteczne



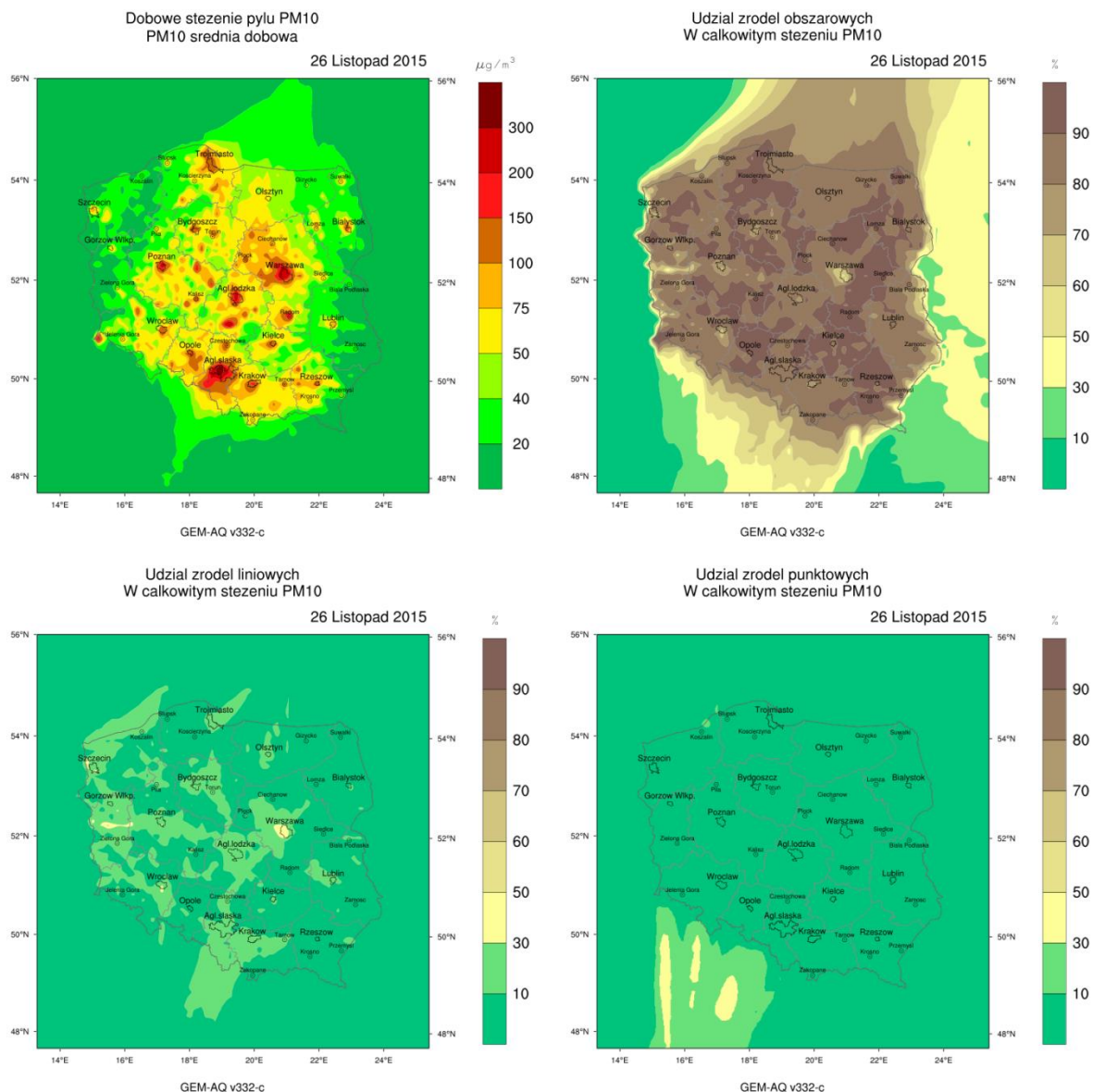
Rysunek 4.12-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 26 listopada 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (26.11.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀: Krakowa (120 µg/m³) i Opoczna (132 µg/m³) w woj. łódzkim.

Zbliżony charakter trajektorii wskazuje na oddziaływanie wielkoskalowej cyrkulacji mas powietrza. Wszystkie trajektorie, za wyjątkiem najwyższej obliczonej dla Opoczna, mają swój początek na obszarze Ukrainy, skąd powietrze napłynęło, poprzez woj. lubelskie i podkarpackie do miast docelowych.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

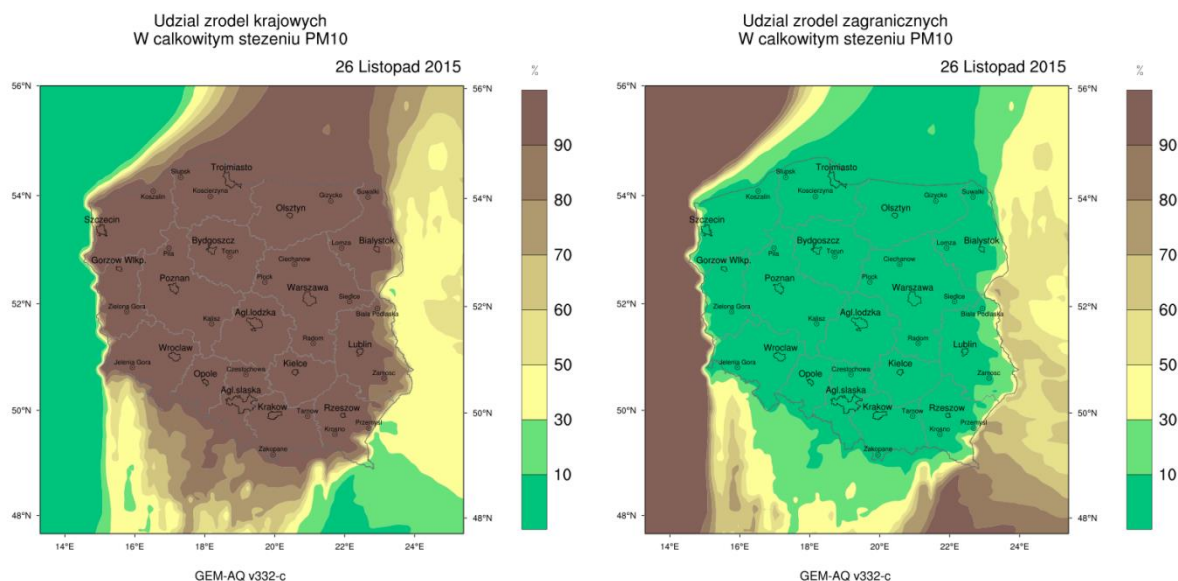
Wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy modelu matematycznego dla dnia 26.11.2015 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń PM₁₀ w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na całym obszarze kraju z wyłączeniem terenów północno-zachodniej Polski oraz znacznej części województwa warmińsko-mazurskiego, podlaskiego i lubelskiego. Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenie PM₁₀ wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 7 i nr 10.



Rysunek 4.12-7. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 26 listopada 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80-90% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 60-80%. Procentowy udział źródeł liniowych nie jest wysoki – przeważnie od 10% do 30% i ma on miejsce przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 7 i nr 10 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej oraz terenów aglomeracji szczecińskiej i rejonu Świebodzina, gdzie udział ten kształtuje się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego

kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀ był niewielki i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.12-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 26 listopada 2015 r.

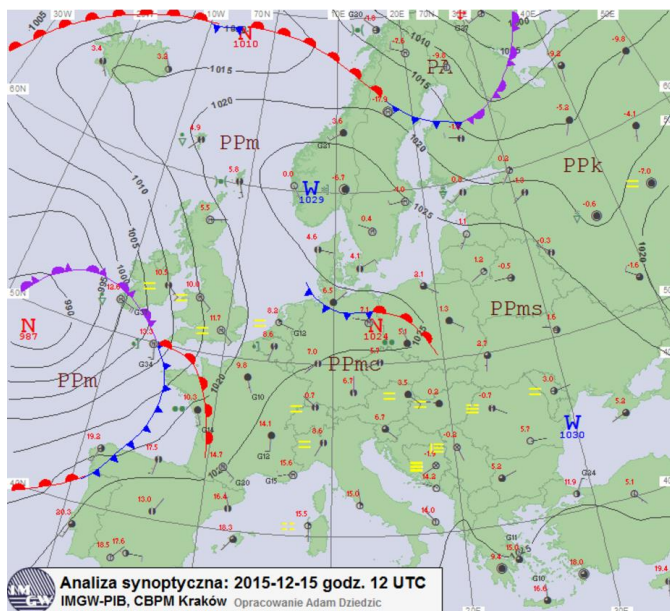
O wysokiej wartości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju był niski i osiągał wartości maksymalnie do 10%, z wyjątkiem wschodniej oraz zachodniej granicy kraju, gdzie w pasie przygranicznym osiągnięto wartości do 50% udziału. W rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM₁₀ był największy, z reguły stężenia PM₁₀ nie były wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Czech wschodnich oraz zachodniej Słowacji (50-70% udziału ze źródeł krajowych) oraz Obwodu Kaliningradzkiego (90% udziału źródeł polskich), a także wschodniej Białorusi i Ukrainy (na poziomie 50%).

4.13. Epizod 13. Od 14 do 17 grudnia 2015 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy)

Sytuacja synoptyczna

W tym okresie Polska znajdowała się w strefie oddziaływania rozbudowanego układu wysokiego ciśnienia, rozciągającego się od Rumunii przez zachodnią Ukrainę, wschodnią Polskę nad Bałtyk i Skandynawię. Powoli odchodził on w kierunku wschodnim. Od południowego zachodu przez obszar kraju przechodził front ciepły przynoszący opad śniegu przed frontem i deszczu za frontem. Front ten wypierał masy powietrza polarnego morskiego starego, na rzecz powietrza polarnego morskiego ciepłego, co spowodowało pewien wzrost temperatury następnego dnia. Powietrze to było jednak wypierane poprzez front zokludowany przechodzący ostatniego dnia tego okresu. Występowała temperatura od 1°C w centrum kraju

do ponad 5°C w południowo-zachodniej Polsce, z tendencją wzrostową. Umiarkowane zamglenie miało miejsce na północy i w centrum. Zachmurzenie było całkowite nad całym obszarem kraju, w Polsce północnej występowało zachmurzenie duże - było ono związane z przechodzeniem wspomnianych frontów. Przeważały wiatry południowo-wschodnie i północno-zachodnie, od słabych po umiarkowane.

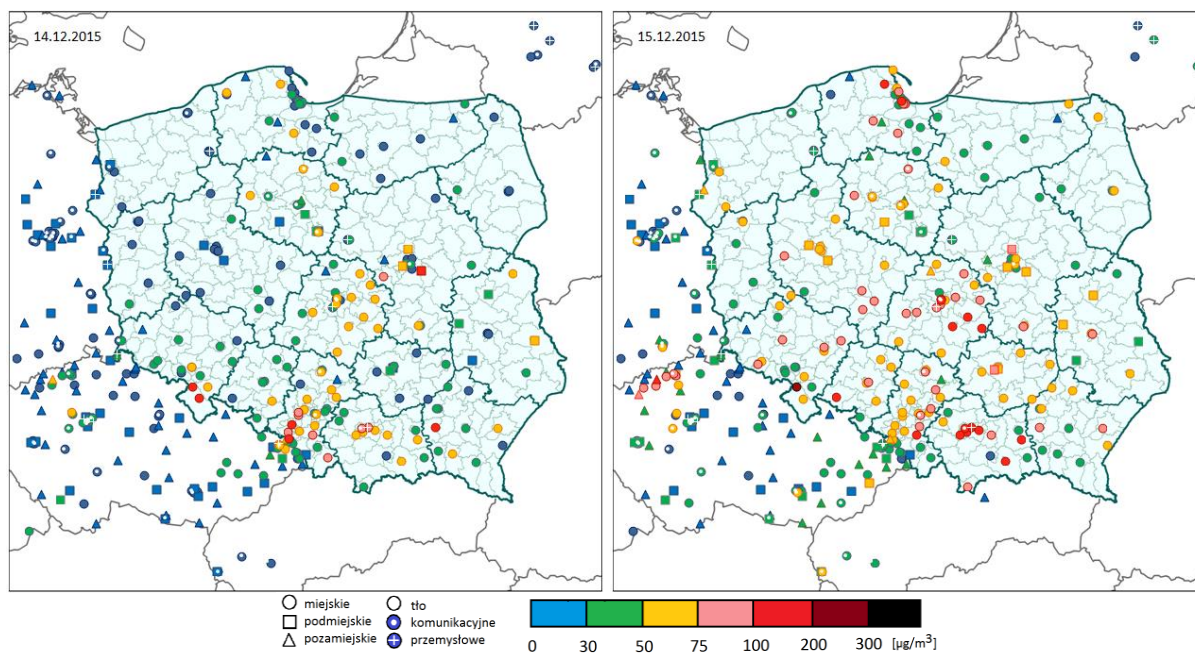


Rysunek 4.13-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 15 grudnia 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

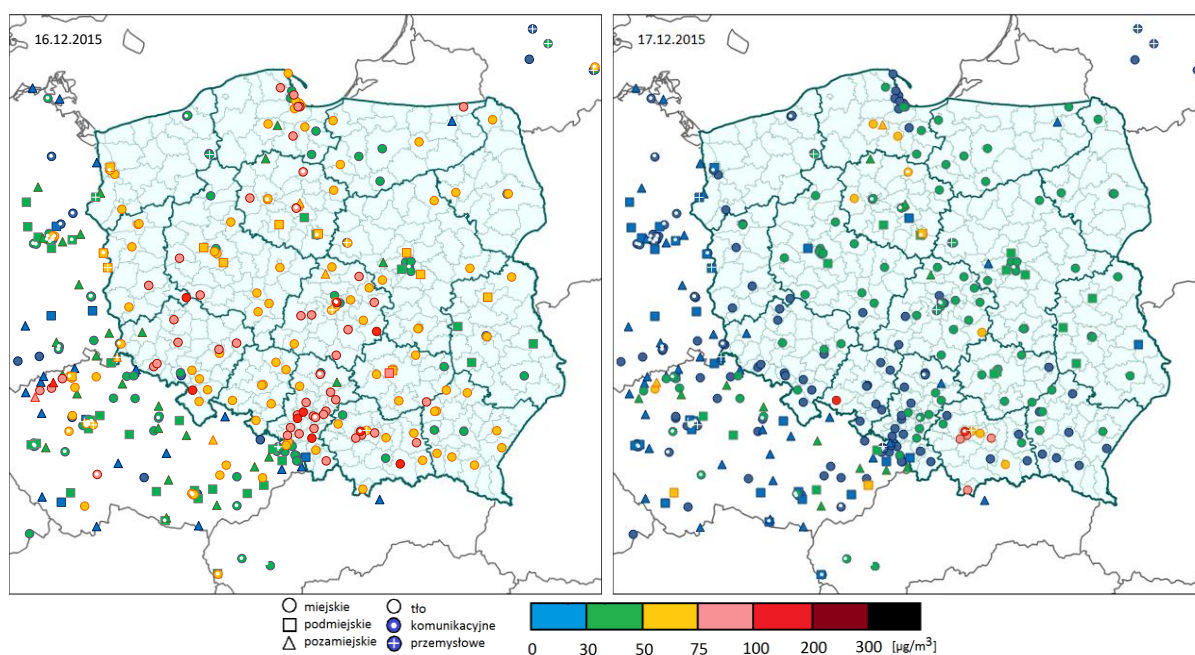
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Pierwszego dnia epizodu (14.12.2015 r.) najwięcej przypadków stężeń przewyższających poziom epizodu zarejestrowano na stacjach w woj. śląskim (na 7 stacjach). W drugim, kulminacyjnym dla terenu Polski dniu epizodu, obszar występowania wysokich stężeń rozszerzył się i objął część miast w większości województw, łącznie z woj. pomorskim, gdzie zwykle notowane są niższe stężenia PM₁₀. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 53 stanowiskach w Polsce i 7 stanowiskach w północno zachodniej części Czech. Poziom informowania przekroczony był na jednym stanowisku – w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim. W trzecim dniu zanieczyszczenie powietrza PM₁₀ w Polsce i w Czechach było podobne jak dzień wcześniej. W dniu 17.12.2015 r., wraz rozbudowywaniem się niżu znad Islandii nad Europą Środkową, stężenia PM₁₀ w Polsce i w Czechach obniżyły się. Poziom epizodu przekroczony był jedynie na kilku stacjach w Polsce, w tym na 5 stacjach w woj. małopolskim.

Podczas trwania epizodu poziom informowania (200 µg/m³) przekroczony był jeden raz (15.12.2015 r., Nowa Ruda, 221 µg/m³). Poziom alarmowy (300 µg/m³) nie został przekroczony.



Rysunek 4.13-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 14-15.12.2015 r.



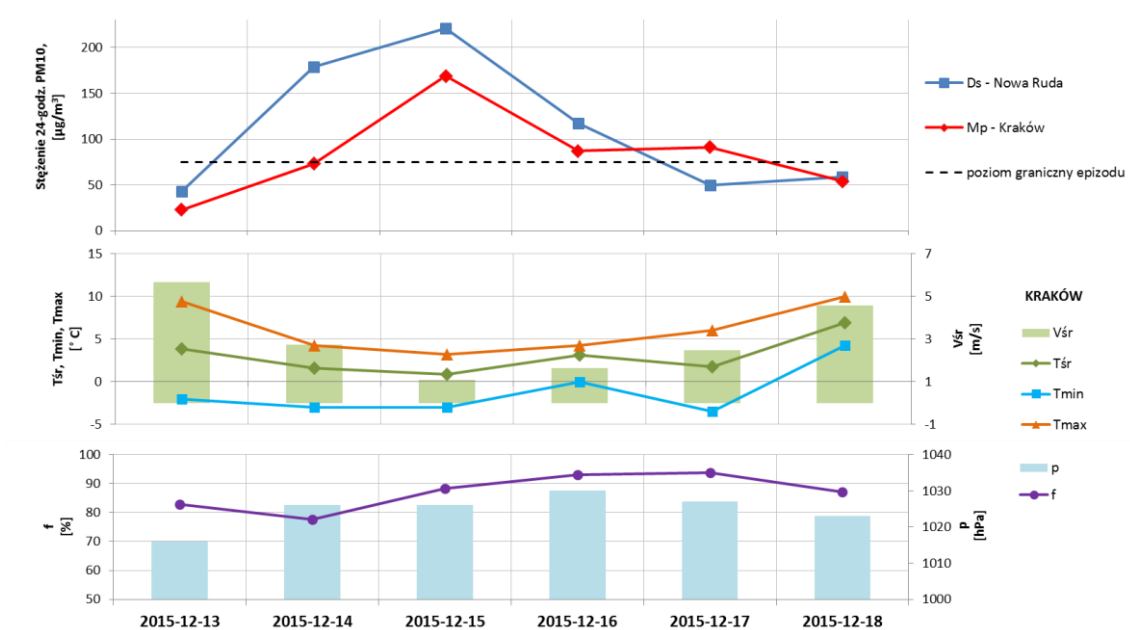
Rysunek 4.13-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 16-17.12.2015 r.

Jak zaznaczono wyżej, kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 15.12.2015 r. (rys. 4.13-2). W tym dniu większość obszaru Polski znajdowała się w zasięgu klina wyżowego znad Europy Centralnej w kierunku Skandynawii. W północno-zachodniej części kraju zaznaczył się wpływ lokalnego płytkiego ośrodka niżowego z układem frontów atmosferycznych. Występowały zamglenia w ciągu całej doby (Kraków). Wiatr był słaby z kierunków zmiennych, okresowo utrzymywała się cisza. Zachmurzenie było duże. Temperatura powietrza wynosiła od -2 do 3 °C. Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach. W 12 województwach, na 53 stacjach, stężenia przekraczały

poziom epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wysokie stężenia występowały na większości terytorium kraju z wyłączeniem fragmentów północno-wschodnich i północno-zachodnich. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 63% stanowisk w Polsce, w tym na 67% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 20% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 26% stanowisk w kraju, w tym na 27% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stanowiskach pozamiejskich poziom epizodu nie był przekroczony. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 16 stanowiskach w 6 województwach. Na 25% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. łódzkim – $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim – $221 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 4.13-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 14-17.12.2015 r.

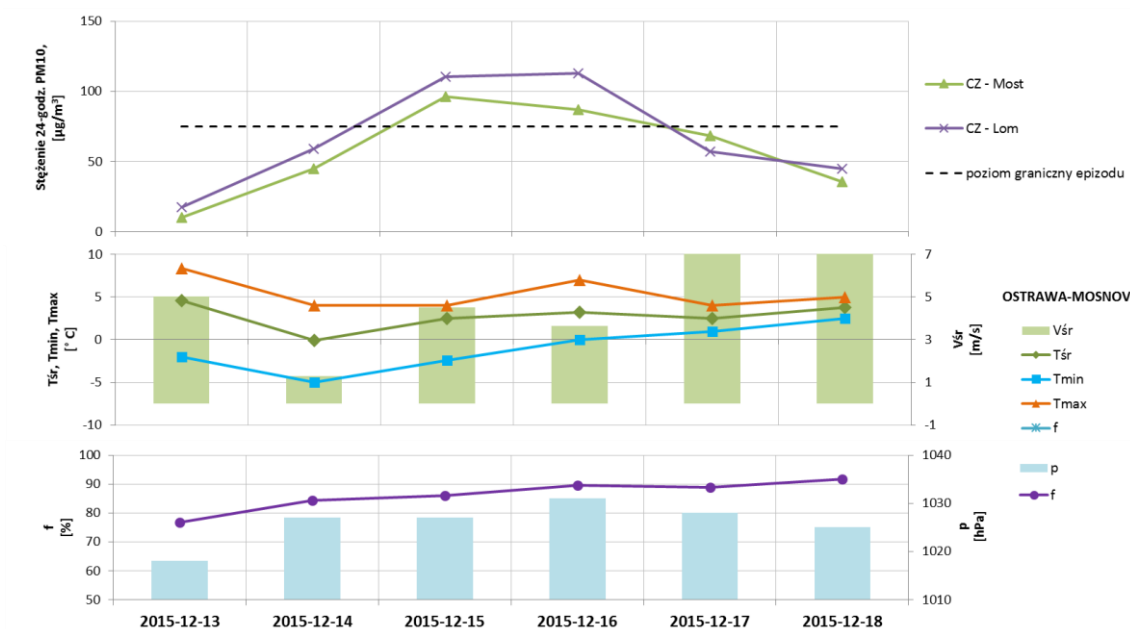
	Jedno -stka	14.12. 2015	15.12. 2015	16.12. 2015	17.12. 2015
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41.9	64.8	64.1	34.2
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	28	63	75	8
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	7	26	27	3
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	4	25	26	5
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	179	221	124	128
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	43.1	65.2	65.0	34.0
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	29	67	79	7
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	7	27	28	3
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	179	221	124	128
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	17.6	39.0	45.4	27.7
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	20	22	11
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37	57	65	53
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	0	6	5	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0	0



Rysunek 4.13-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie-Balicach

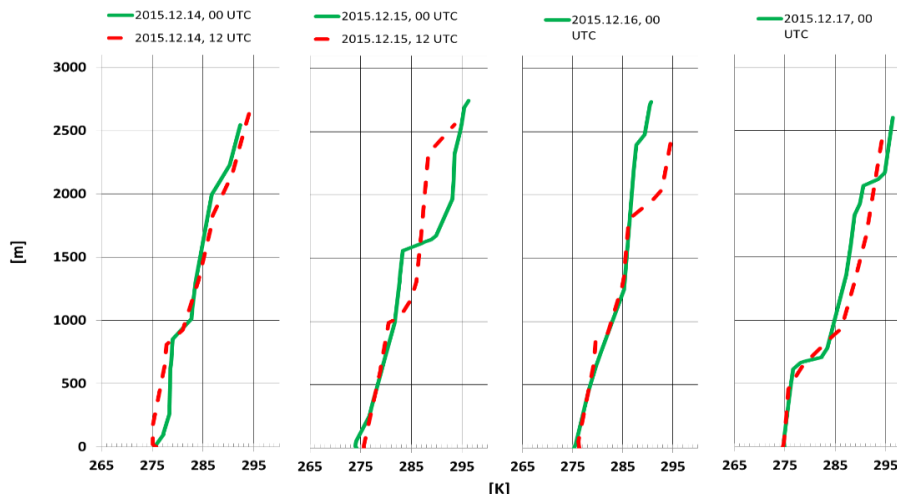
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniach 15-16.12.2015 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były w Czechach, głównie w ich północno-zachodniej części, przy granicy z Niemcami.



Rysunek 4.13-5. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie

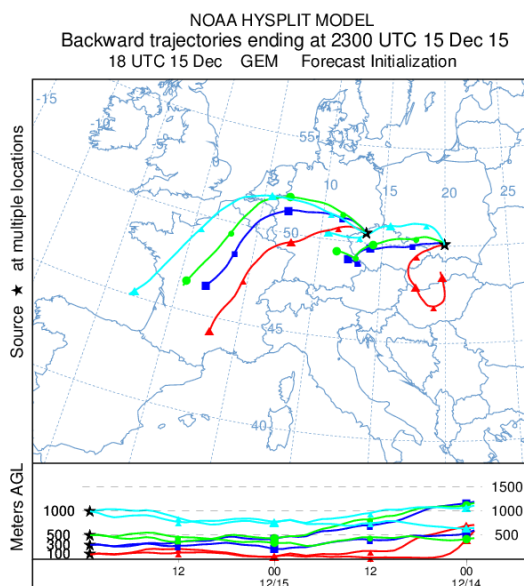
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 14-17.12.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).



Rysunek 4.13-6. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejovie w dniach 14-17.12.2015 r.

Na podstawie wykresów temperatury potencjalnej widać, iż w okresie tym zarówno dla godzin dziennych jak i nocnych dominowała równowaga stała lub lekko stała. Występująca inwersja podniesiona, oscylująca pomiędzy wysokościami 1000 m a 2250 m była związana z przechodzącymi przez tereny Polski w tym okresie frontami ciepłymi i chłodnymi. W pierwszych trzech dniach analizowanego okresu można wyróżnić delikatną inwersję przyziemną, jednak o grubości maksymalnie do 200 m. Występowała niewielka różnica w temperaturze powietrza przy ziemi podczas dnia (3°C) oraz nocy (0°C).

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.13-7. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 15 grudnia 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu 15.12.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM10: Krakowa ($169 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Lom ($111 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w Czechach.

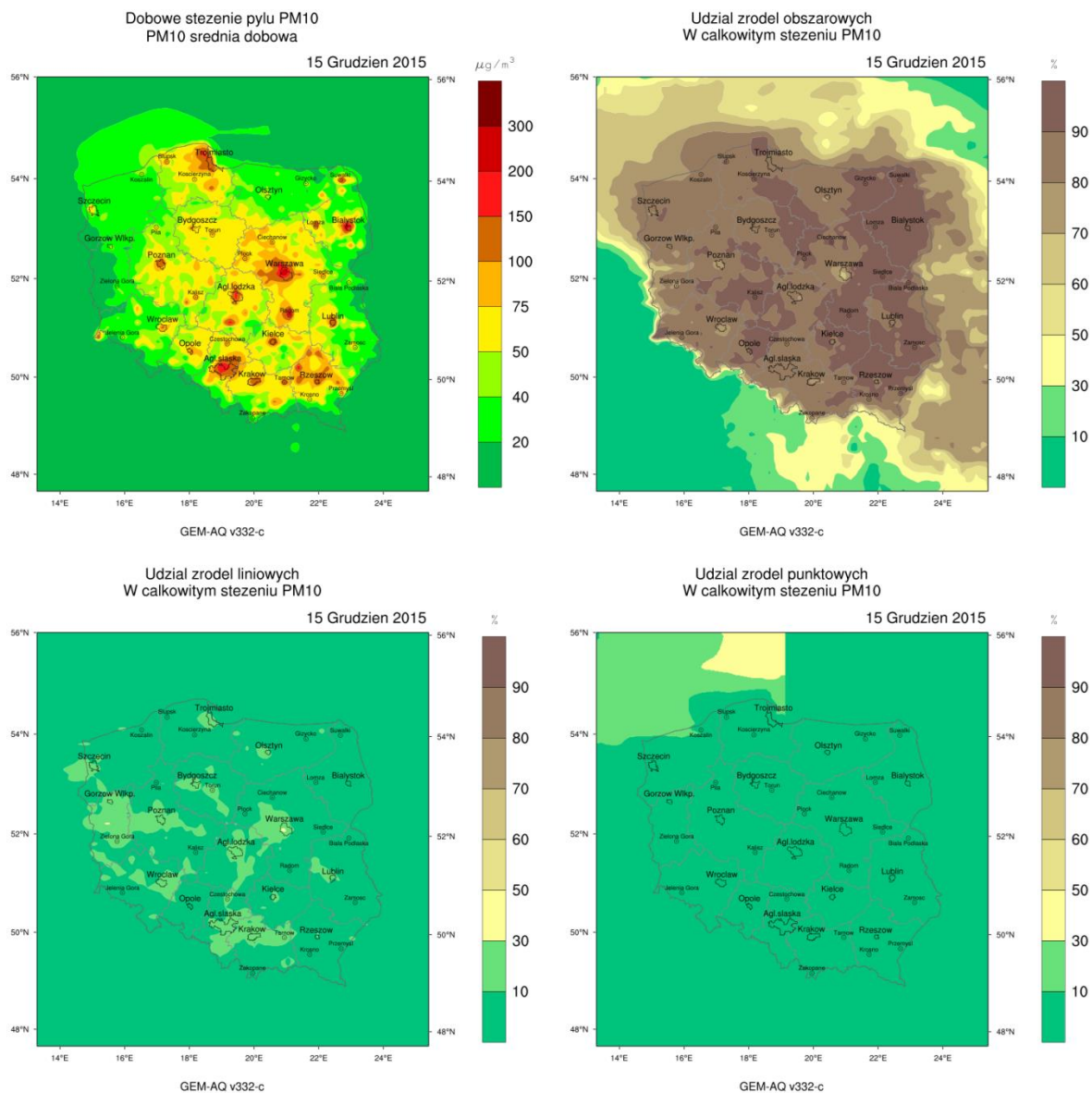
Trzy niższe trajektorie obliczone dla Lom rozpoczynają się na obszarze Francji. Wiatr, początkowo południowo-zachodni, zmienił kierunek na zachodni. Bezpośredni napływ powietrza nastąpił z rejonu wschodnich Niemiec.

W przypadku Warszawy trajektoria 100 m ma swój początek na Słowacji, po czym przebiega przez obszar Węgier, Słowacji, wschodnich Czech. Na pozostałych wysokościach powietrze napłynęło nad Kraków z Niemiec poprzez środkowe i północne Czechy.

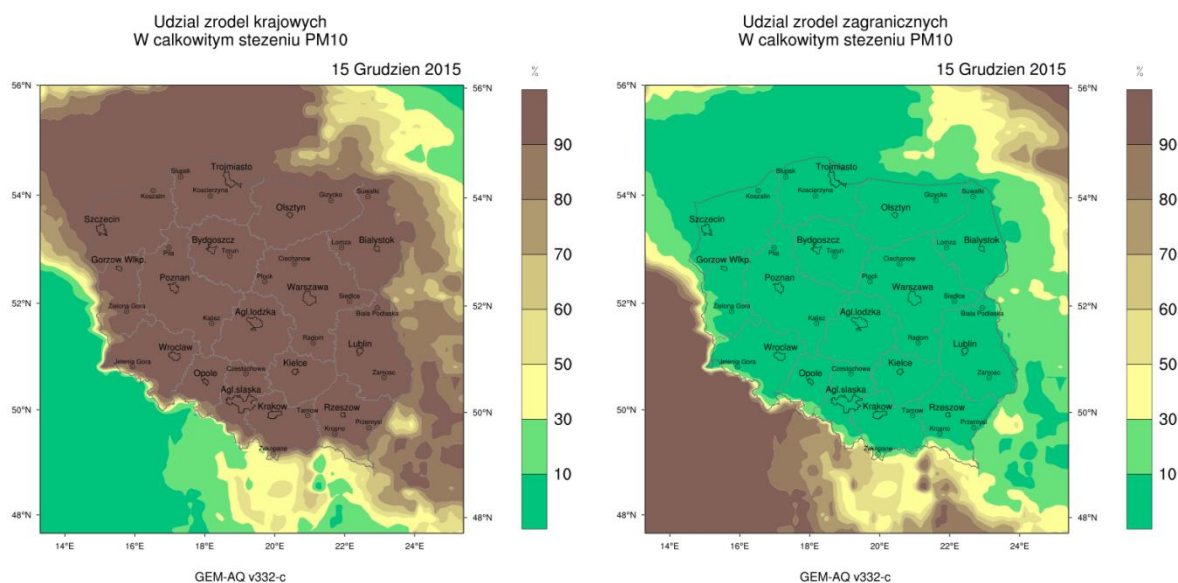
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 15.12.2015 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na całym obszarze kraju z wyłączeniem terenów zachodniej i północno-zachodniej Polski oraz województwa warmińsko-mazurskiego wraz ze znaczną częścią województwa lubelskiego. Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenie PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 7 i nr 8, od Warszawy po Piotrków Trybunalski.

Analizując udział poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 można zauważyć, iż największe znaczenie mają źródła powierzchniowe, co związane jest przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80-90% wartości stężenia dobowego, dla całego obszaru kraju). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacuje się na 60-90%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 7 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej oraz terenów Świebodzina, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, oraz w rejonach wysokich stężeń PM10 był mały i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.13-8. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 15 grudnia 2015 r.



Rysunek 4.13-9. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 15 grudnia 2015 r.

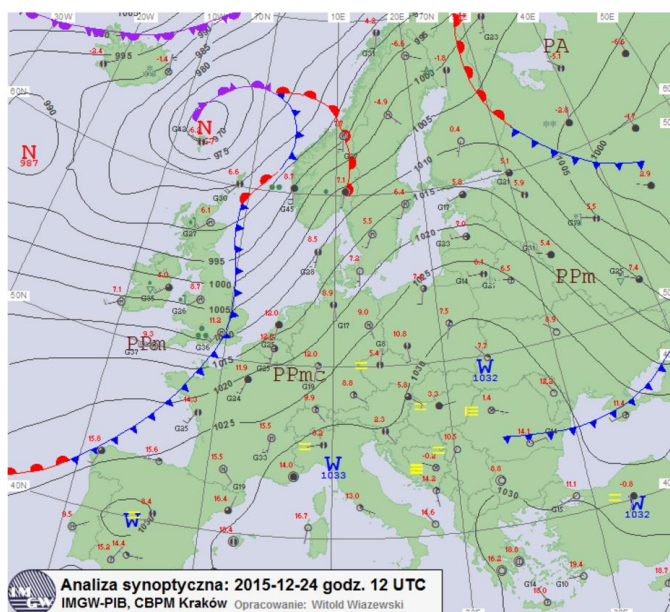
O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski - przeważnie 90% udziału źródeł krajowych. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu pyłu PM₁₀ na terenach położonych wzdłuż zachodniej i południowej granicy Polski (od 30% do nawet 50% w pasie przygranicznym, przeważnie do 10% udziału), choć w rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM₁₀ był największy, stężenia PM₁₀ nie były wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na obszarze Słowacji, Obwodu Kaliningradzkiego, Litwy południowej, a także wschodniej Ukrainy i Białorusi (udział krajowych źródeł emisji na poziomie 50-80%) oraz południowej części Bałtyku (wkład polskich źródeł emisji to 90%).

4.14. Epizod 14. Od 23 do 25 grudnia 2015 r.

Sytuacja synoptyczna

W tym czasie Polska znajdowała się w strefie oddziaływania klina wysokiego ciśnienia z centrum zlokalizowanym nad granicą ukraińsko-rumuńską. Pierwszego dnia analizowanego okresu z zachodu napływały masy powietrza polarnego morskiego ciepłego, kierowane przed frontem chłodnym i za wcześniejszym frontem chłodnym, który przeszedł nad obszarem kraju. Wymiana ta nie wpłynęła jednak znacząco na zmianę temperatury, która wynosiła od 7 do 8°C na obszarze całego kraju, z wyjątkiem Polski południowo-zachodniej, gdzie było nieco cieplej – do 11°C. Przewarzał brak zamglenia oraz opadu. Przelotny opad śniegu pojawił się w związku z przejściem frontu chłodnego ostatniego dnia epizodu. Zachmurzenie było przeważnie od

dużego do małego z tendencją do przejaśnień w kierunku wschodnim. Dominował wiatr południowy i południowo-zachodni, od słabego do umiarkowanego.

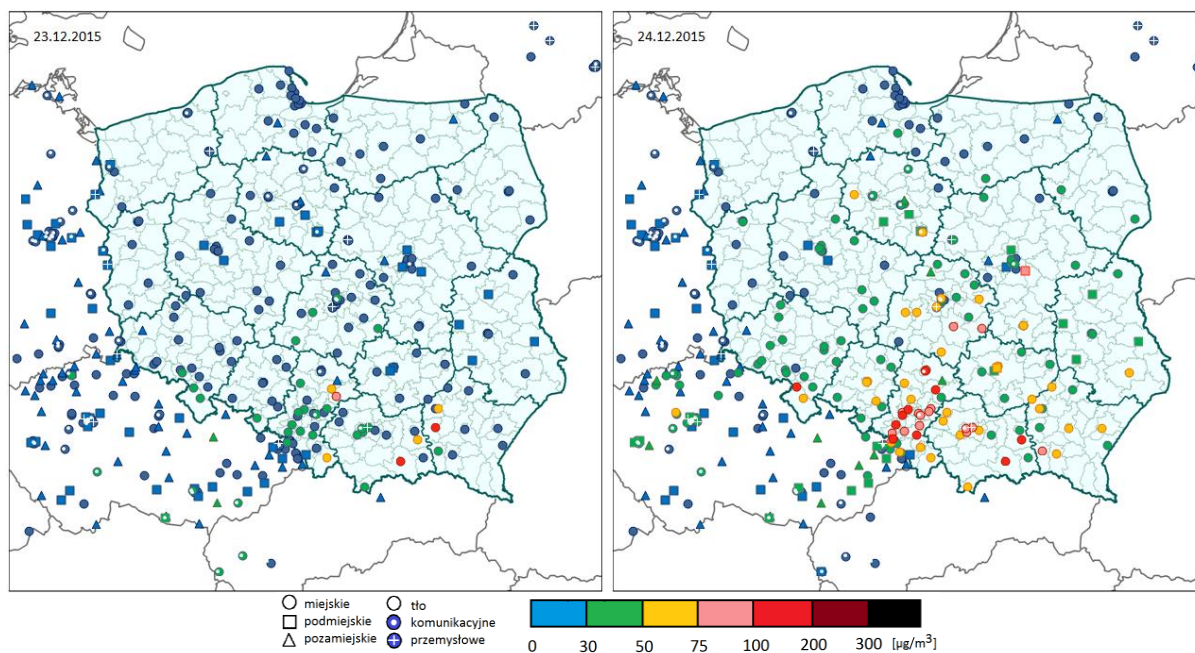


Rysunek 4.14-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 24 grudnia 2015 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

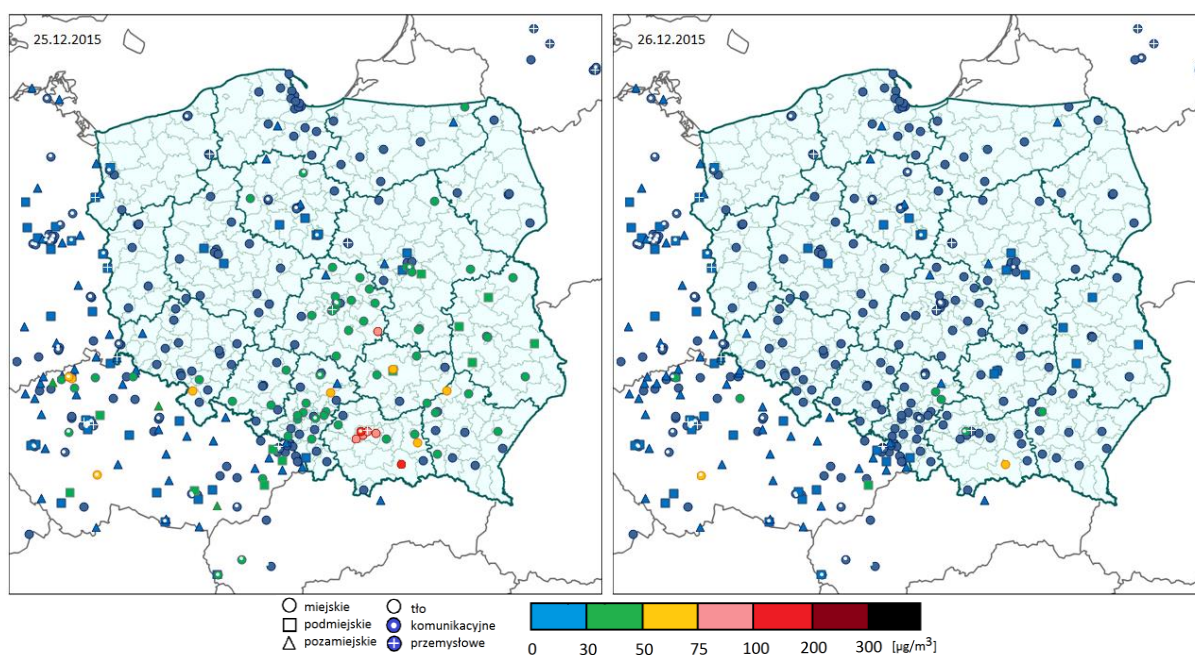
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod 23-25.12.2015 r. miał miejsce jedynie w kilku województwach południowej i południowo-wschodniej części Polski. Pierwszego dnia epizodu (23.12.2015 r.) przekroczenia poziomu epizodu zarejestrowano na pojedynczych stanowiskach w woj. śląskim, małopolskim i podkarpackim. W drugim, kulminacyjnym dniu epizodu (24.12.2015 r.), przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 26 stacjach, w tym na 16 stacjach w woj. śląskim i 5 w woj. małopolskim. Po 1-2 przypadki przekroczeń wystąpiły też w woj. łódzkim, mazowieckim i podkarpackim. W dniu 25.12.2015 r., wraz rozbudowywaniem się nad Europę Środkową niżu znad Morza Północnego i Skandynawii, stężenia PM₁₀ w Polsce obniżyły się. Poziom epizodu przekroczony był jedynie na kilku stacjach w Małopolsce (i w Opocznie).

Podczas trwania epizodu poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i poziom alarmowy ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nie został przekroczony.



Rysunek 4.14-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 23-24.12.2015 r.



Rysunek 4.14-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 25-26.12.2015 r.

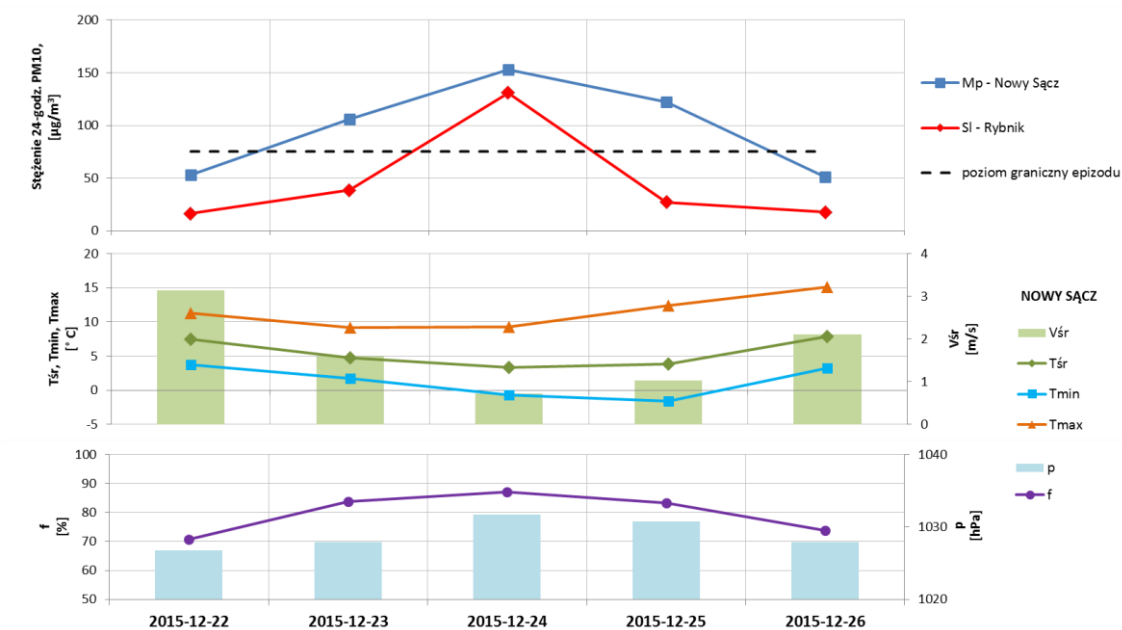
Jak wspomniano powyżej, kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 24.12.2015 r. (rys. 4.14-2). W tym dniu południowo-wschodnia część Polski znajdowała się w zasięgu wyżu z lokalnymi centrami nad Bieszczadami i Włochami. Północna i zachodnia część obszaru kraju Polski znajdowała się pomiędzy ww. wyżem a niżem znad Wysp Owczych. Wiatr był słaby z kierunków zmiennych, okresowo utrzymywała się cisza. Zachmurzenie było niewielkie. Temperatura powietrza wynosiła od 0 do 9 °C (Nowy Sącz). Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły w 10 województwach południowej, centralnej i południowo-wschodniej części Polski. W 6 województwach, na 26 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu (75

$\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 28% stanowisk w Polsce, w tym na 28% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stanowiskach pozamiejskich poziom dopuszczalny $\text{D}_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nie był przekroczony. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 13% stanowisk w kraju (ale na 67% stanowisk w woj. śląskim), w tym na 12% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stanowiskach pozamiejskich poziom epizodu nie był przekroczony. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 10 stanowiskach w 3 województwach, w tym na 7 stanowiskach w woj. śląskim. Stężenia średnie dobowe zmierzone na poszczególnych stacjach były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych na 7% stanowisk w kraju. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim – $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Nowym Sączu w woj. małopolskim ($153 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

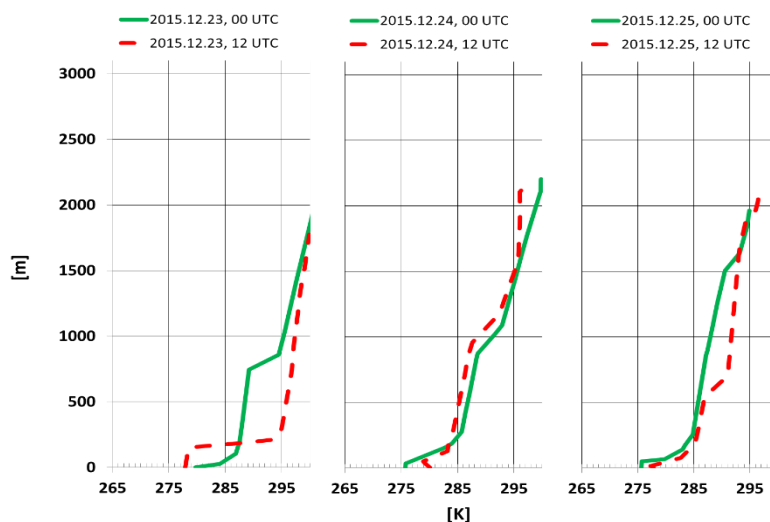
Tabela 4.14-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 23-25.12.2015 r.

	Jedno -stka	23.12.2015	24.12.2015	25.12.2015
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20.5	44.7	29.0
% stanowisk z $\text{S}_{24}>50\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	3	28	6
% stanowisk z $\text{S}_{24}>75\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	1	13	3
% stanowisk z $\text{S}_{24}>\text{S}_{95}$	%	2	7	3
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	115	153	122
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20.9	45.3	29.0
% stanowisk z $\text{S}_{24}>50\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	4	28	6
% stanowisk z $\text{S}_{24}>75\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	2	12	3
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	115	153	122
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10.2	23.6	19.5
% stanowisk z $\text{S}_{24}>50\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0
% stanowisk z $\text{S}_{24}>75\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20	37	29
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z $\text{S}_{24}>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S}_{24}>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	0	1	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S}_{24}>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.14-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Nowym Sączu

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 23-25.12.2015 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Poprad (Słowacja, nr stacji: 11952).

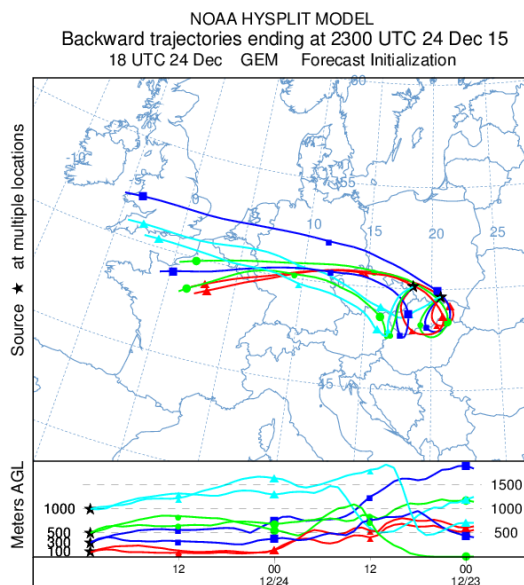


Rysunek 4.14-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Popradzie w dniach 23-25.12.2015 r.

Dla tego okresu wykresy temperatury potencjalnej jasno wskazują na dominację równowagi stałej bądź lekko stałej zarówno dla godzin dziennych jak i nocnych. Jedynie drugiego dnia epizodu można powiedzieć, iż powyżej 1500 m występowała równowaga obojętna. Widoczna inwersja górna, przemieszczająca się, w zasadzie pomiędzy całą rozpatrywaną wysokością jest występującą naprzemiennie inwersją frontową związaną z przechodzącymi przez obszar Polski frontami chłodnymi oraz ciepłymi jak również inwersją

wyżową w późniejszym okresie. Dla dwóch pierwszych dni epizodu występuje również lekka inwersja radiacyjna, o grubości dochodzącej do 200 m. Wystąpiła niewielka zmienność temperatury przy gruncie, wahająca się od 2°C w nocy do 7°C w dzień.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.14-6 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 24 grudnia 2015 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (24.12.2015 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀: Nowego Sącza (153 µg/m³) w woj. małopolskim i Rybnika (131 µg/m³) w woj. śląskim. Wyglądają one podobnie i biorą swój początek na obszarze zachodniej Europy: Francji i Wielkiej Brytanii.

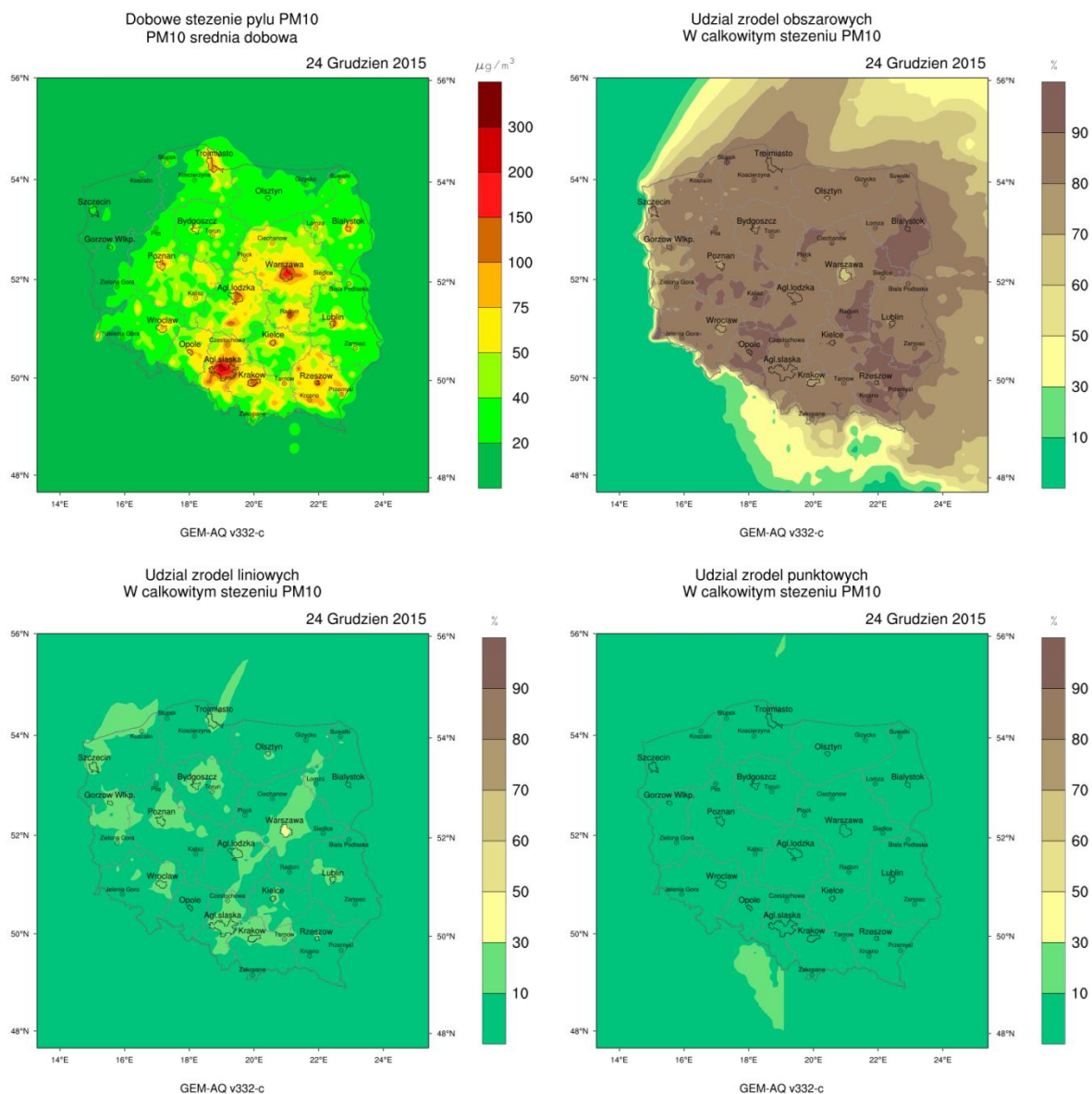
Wiatr zachodni, wiejący w pierwszym dniu ze stosunkowo dużą prędkością, w drugim dniu osłabł i zmieniał kierunek, zakreślając pętlę nad terytorium Słowacji. Z obszaru tego kraju powietrze bezpośrednio napłynęło nad Nowy Sącz poprzez południowy rejon Polski.

Napływ nad Rybnik nastąpił z rejonu wschodnich Czech.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy modelu matematycznego dla dnia 24.12.2015 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń PM₁₀ w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w centrum wraz z południowym i południowo-wschodnim obszarem kraju, choć warto zauważyć, iż rozkład przestrzenny wystąpienia wysokich stężeń PM₁₀ nie jest regularny i występują ewidentne "wyspy" wysokich stężeń tego zanieczyszczenia jak np. obszary Trójmiasta, Lublina czy Poznania. Wyniki modelowania pozwalają zobrazować znaczną różnicę w dobowym stężeniu pyłu PM₁₀ pomiędzy północną i północno-zachodnią częścią Polski, a jej południowym i południowo-wschodnim obszarem. Obliczenia ukazują

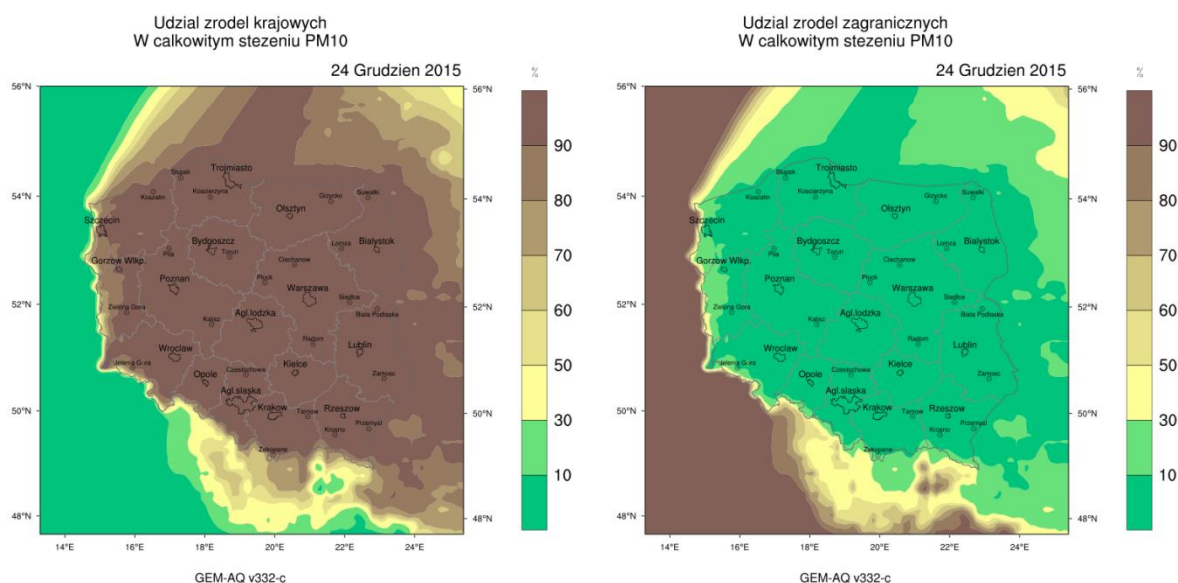
również podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8.



Rysunek 4.14-7. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 24 grudnia 2015 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80-90% udziału). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-90%. Procentowy udział źródeł liniowych nie był wysoki – przeważnie od 10% do 30% i miał on miejsce przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-

50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀ był niewielki i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.14-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 24 grudnia 2015 r.

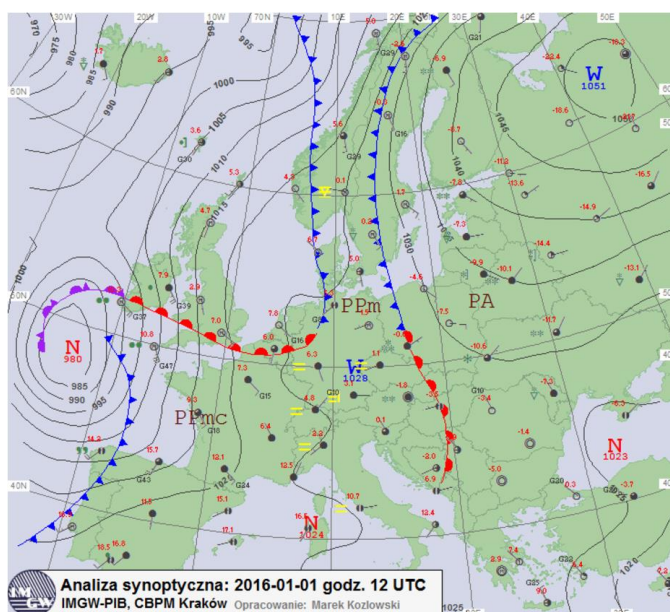
O wysokiej wartości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (przeważnie 90%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju był nieznaczny i osiągał wartości maksymalnie do 10%. Wyjątkiem była zachodnia część województw zachodniopomorskiego i lubuskiego, gdzie udział źródeł zagranicznych osiągał wartości do 30% (w pasie przygranicznym do 50%). Należy zwrócić uwagę, że w rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM₁₀ jest największy, stężenia tego zanieczyszczenia nie są wysokie. Większy udział zaznaczył się również dla obszaru graniczącego z Czechami i Słowacją, gdzie w pasie przygranicznym osiągnięto wartości do 30% udziału ze źródeł zagranicznych. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego oraz południowej Litwy, jak również zachodniej Białorusi i Ukrainy (udział na poziomie 60-90%) oraz wschodnich Czech, Słowacji i północnych Węgier (wkład polskich źródeł emisji dla wymienionych obszarów to 50-80%).

4.15. Epizod 15. Od 31.12.2015 do 1.01.2016 r.

Sytuacja synoptyczna

Na przełomie roku Polska znajdowała się pod wpływem układu wyżowego z centrum nad terenem Rosji północno-zachodniej. Nad obszarem kraju zalegały masy powietrza arktycznego kontynentalnego, które napłynęły pod koniec grudnia z kierunku północno-wschodniego. Napływ mas powietrza polarnego morskiego przymieszających się przed frontem chłodnym z zachodu został zahamowany w wyniku wędrówki frontu chłodnego na wschód, nad obszarem

Polski zachodniej oraz Skandynawii. Południowo-zachodnia granica Polski stanowiła strefę wejścia frontu ciepłego, który również został zahamowany w wyniku wcześniej wspomnianego frontu chłodnego z zaistnieniem potencjału do powstania frontu zokludowanego. Najcieplej było na południowym zachodzie w strefie zatrzymania frontu ciepłego -1°C. W pozostałej części kraju było znacznie chłodniej, do -11°C na południowym wschodzie. Wystąpiła dość znaczna różnica temperatur pomiędzy ostatnim dniem grudnia i pierwszym stycznia. Przeważał brak zamglenia, pojawiły się nieznaczne opady śniegu związane z wejściem frontu ciepłego na zachodnim obszarze Polski. Wystąpiło całkowite zachmurzenie wynikające z przejścia frontów w zachodniej i południowo-zachodniej części kraju pierwszego dnia stycznia, natomiast nad pozostałym obszarem było bezchmurnie. Dominowały wiatry południowo-wschodni, od słabych do umiarkowanych

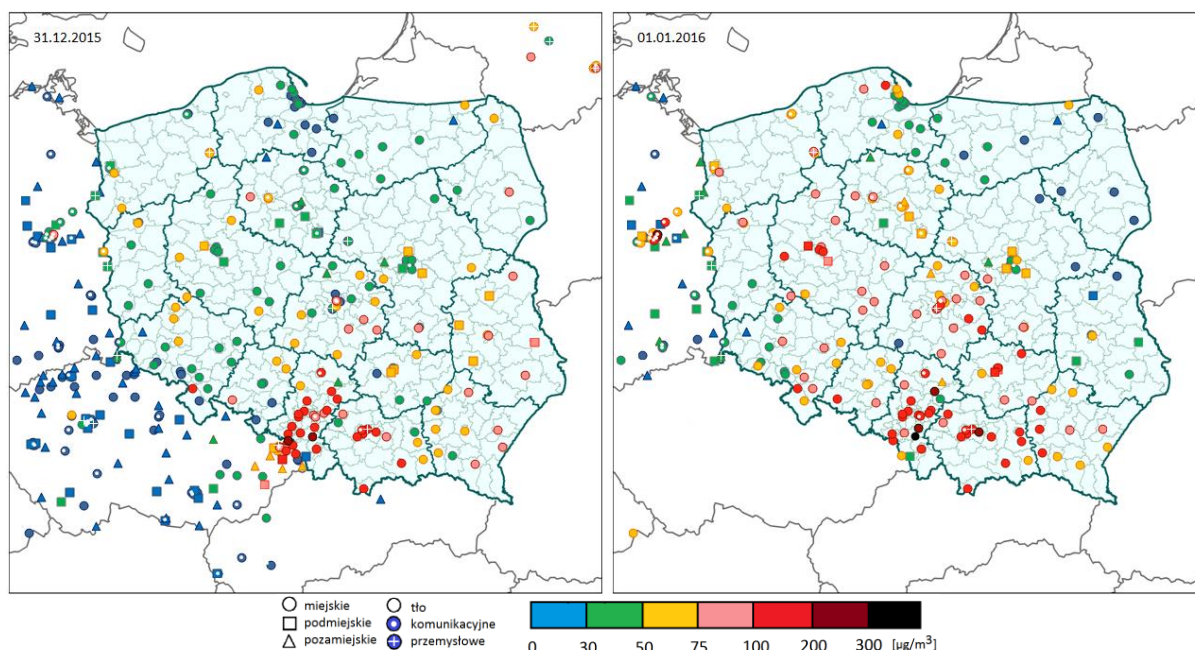


Rysunek 4.15-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 1 stycznia 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Pierwszego dnia epizodu (31.12.2015 r.) najwięcej przypadków stężeń dobowych przewyższających 75 µg/m³ zarejestrowano na stacjach w woj. śląskim (18). Przekroczenia występowały w miastach południowo-wschodniej ćwiartki terytorium kraju – w sumie na 44 stanowiskach. Na dwóch stacjach w woj. śląskim wystąpiło przekroczenie poziomu informowania. Przekroczenia poziomu 75 µg/m³ wystąpiły też w Czechach, głównie w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy. W drugim, kulminacyjnym dla terenu Polski dniu epizodu, obszar występowania wysokich stężeń rozszerzył się na większość terytorium kraju z wyłączeniem północno-wschodniej części Polski. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 81 stanowiskach w Polsce. Poziom informowania przekroczony był na 4 stanowiskach w woj. śląskim i małopolskim, poziom alarmowy przekroczony został na stanowisku w Pszczynie (423 µg/m³). Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Niemczech: na 2 stacjach tła i 4 komunikacyjnych stężenia dobowe PM₁₀ przekroczyły poziom epizodu.

Podczas trwania epizodu zanotowano 6 przypadków przekroczeń poziomu informowania (200 µg/m³) oraz jeden przypadek przekroczenia poziomu alarmowego.

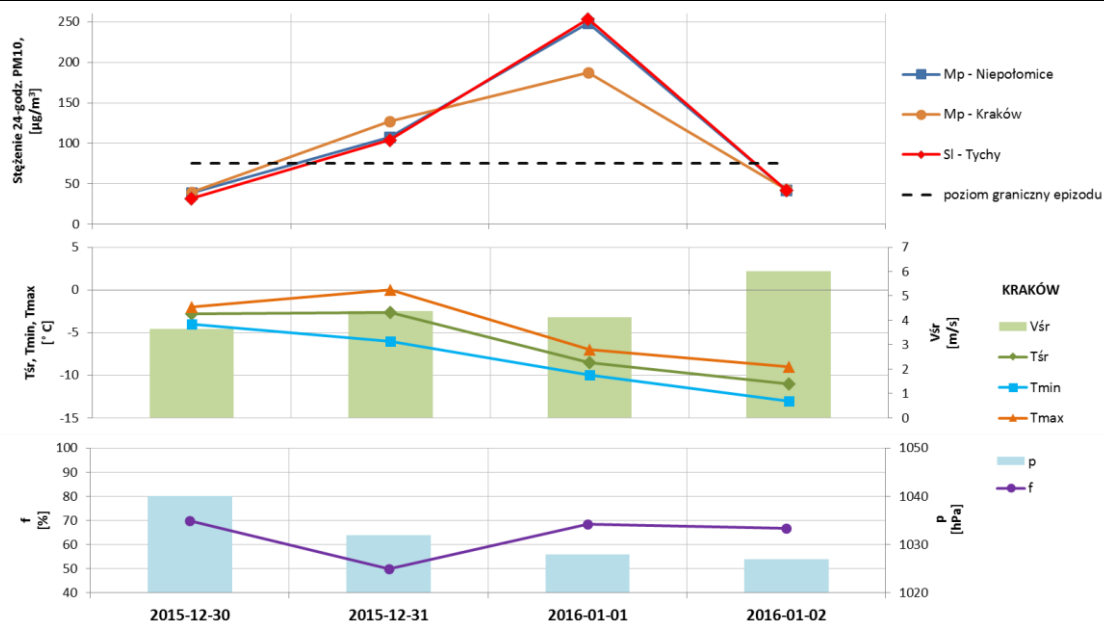


Rysunek 4.15-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 31.12.2015 r.-1.01.2016 r.

Jak zaznaczono wyżej, kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 1.01.2016 r. (rys. 4.15-2). W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wyżowego z centrami na północną Rosję, Europą Centralną i Zachodnią. W Polsce występowały zamglenia w ciągu całej doby. Wiatr był słaby z kierunków zmiennych, okresowo utrzymywała się cisza (Kraków). Zachmurzenie było małe. Temperatura powietrza wynosiła od -13 do -2 °C. Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się w ciągu części dnia inwersji temperatury w dolnej warstwie atmosfery. Emisja zanieczyszczeń z niskich kominów, zintensyfikowana ze względu na zwiększone zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynków, powodowała kumulację zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowanie wysokich stężeń PM₁₀. Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach z wyjątkiem podlaskiego. W 13 województwach, na 81 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu (75 µg/m³). Wysokie stężenia występowały na większości terytorium kraju z wyłączeniem fragmentów północno-wschodnich. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 73% stanowisk w Polsce, w tym na 73% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 33% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 43% stanowisk w kraju, w tym na 45% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stanowiskach pozamiejskich poziom epizodu nie był przekroczony. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 42 stanowiskach w 9 województwach. Na 53% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 79 µg/m³, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim i małopolskim – 144 µg/m³. Maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Pszczynie w woj. śląskim – 423 µg/m³.

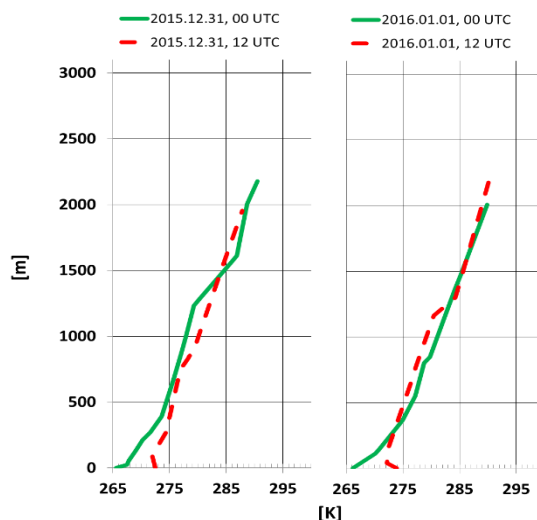
Tabela 4.15-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 31.12.2015-1.01.2016 r.

	Jedno -stka	31.12.2015	01.01.2016
Wszystkie stanowiska w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	57.9	79.4
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	45	73
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	22	43
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	19	53
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	260	423
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	59.3	80.2
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	48	73
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	23	45
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	260	423
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.4	40.9
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	33
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	38	63
Stanowiska tła poza granicami Polski			
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	7	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	2



Rysunek 4.15-3. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie-Balicach

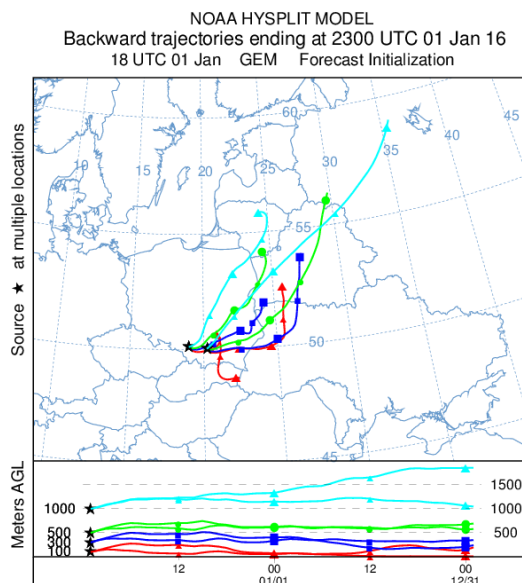
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 31.12.2015-01.01.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Poprad (Słowacja, nr stacji: 11952).



Rysunek 4.15-4. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Popradzie w dniach 31.12.2015-01.01.2016 r.

Dla dni tego okresu wykresy temperatury potencjalnej wskazują na silną dominację równowagi stałej, zarówno podczas dnia jak i nocy. Wyjątek stanowi dzienna warstwa przypowierzchniowa do wysokości około 200 m gdzie występuje równowaga chwiejna. W warstwie przyziemnej daje się wyróżnić dość silna inwersja radiacyjna o grubości dochodzącej do 500 m pierwszego dnia oraz około 250 m dnia kolejnego. Można też wyróżnić nieznaczną inwersję wyżową na wysokości około 1250 m, zaznaczającą się wyraźniej drugiego dnia epizodu. Wystąpiła zauważalna różnica temperatur pomiędzy dniem i nocą tego okresu, wahająca się od -8°C w nocy do 1°C w dzień.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.15-5. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 1 stycznia 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (1.01.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀. Były to Tychy (254 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim i Niepołomice (249 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. małopolskim.

Trajektorie dla poziomów 500 i 1000 m wskazują na napływ powietrza z północnego wschodu, znad Litwy, Rosji i Białorusi, poprzez wschodnią i południowo-wschodnią część Polski.

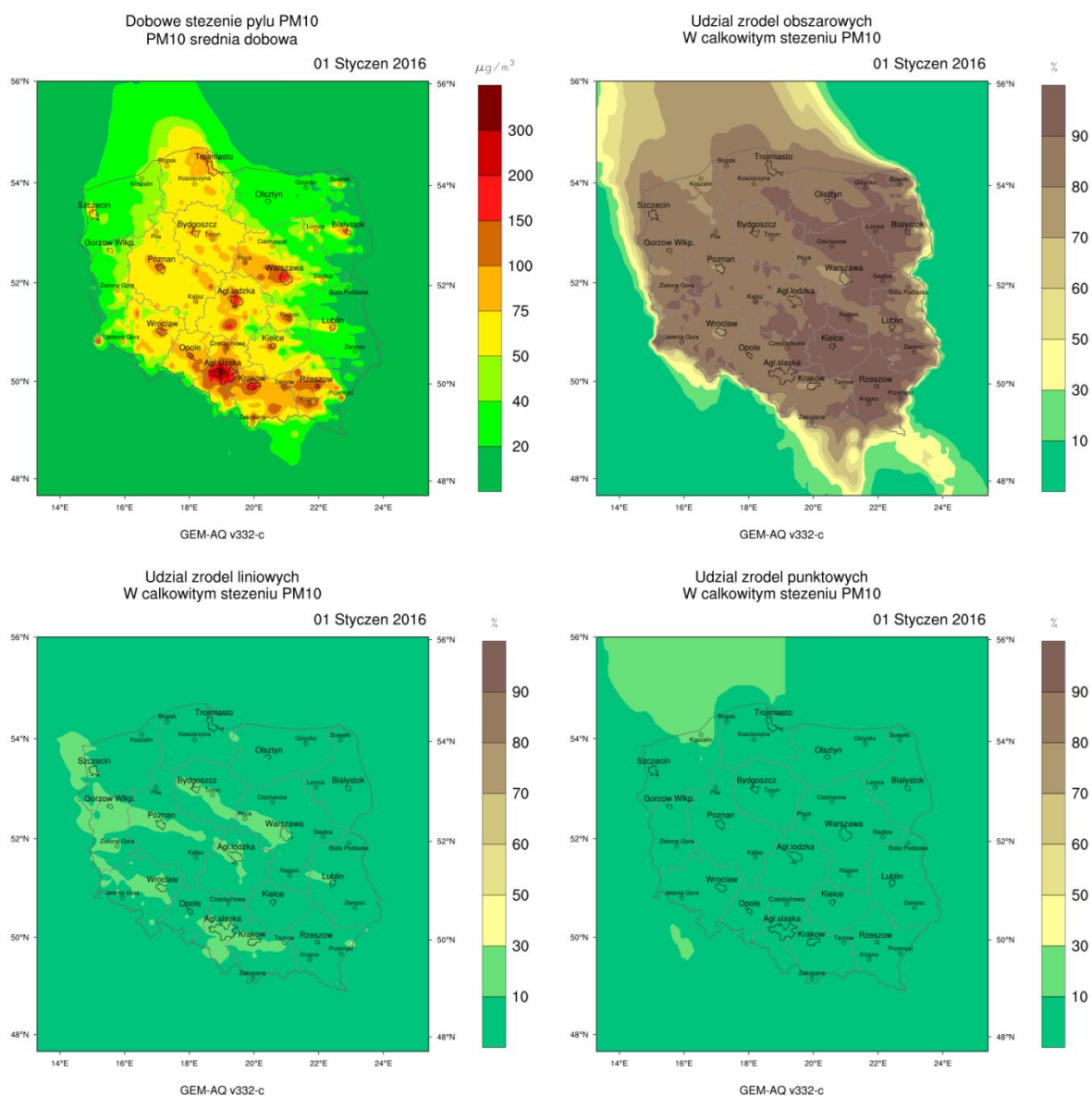
Trajektoria 100 m do Niepołomic zaczynała się we wschodniej Słowacji, prowadziła następnie poprzez woj. małopolskie do punktu końcowego, zmieniając w ostatniej dobie kierunek z północnego na południowy. Trajektoria 300 m prowadzi z Białorusi poprzez Ukrainę, woj. podkarpackie, małopolskie do Niepołomic.

Trajektoria 100 m do Tychów prowadzi z Białorusi poprzez Ukrainę, woj. podkarpackie, małopolskie, śląskie. Trajektoria 300 m prowadzi z Białorusi poprzez woj. lubelskie, świętokrzyskie, małopolski i śląskie. Trajektorie dla 100 i 300 m są stosunkowo krótkie, co świadczy o niewielkiej prędkości wiatru na wysokości przebiegu trajektorii.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM₁₀ w dniu 01.01.2016 r. uzyskany na drodze modelowania matematycznego wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na terenie całego kraju, z wyłączeniem większości obszarów Polski zachodniej i wschodniej oraz terenu województwa warmińsko-mazurskiego. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM₁₀

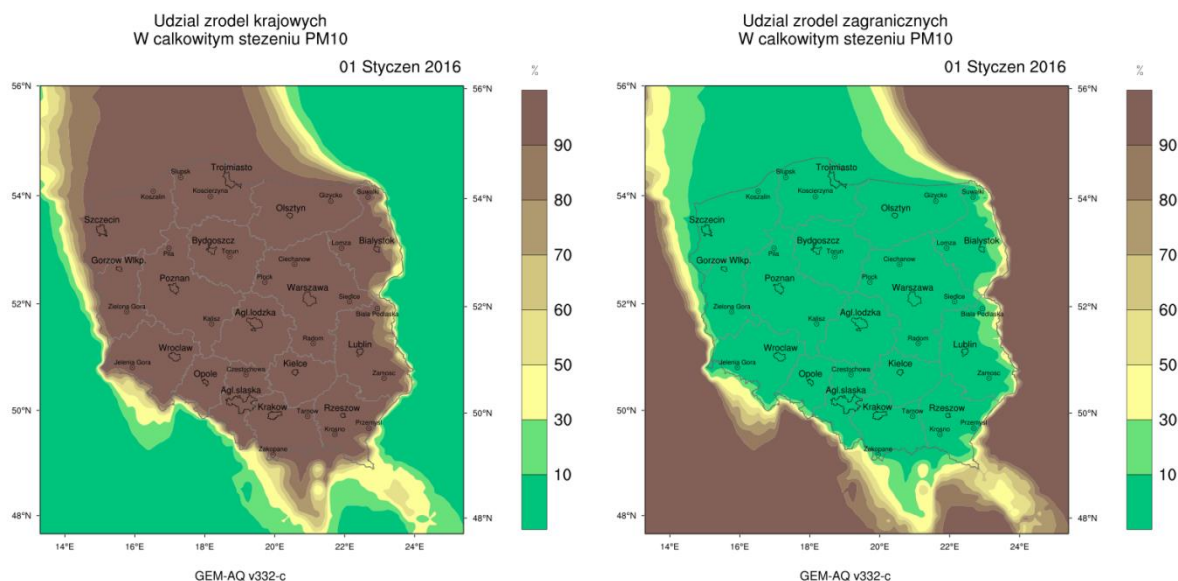
wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1, nr 7 na odcinku Warszawa - Nidzica i nr 8.



Rysunek 4.15-6. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 1 stycznia 2016 r.

Wyniki modelowania wskazują na przeważający udział powierzchniowych źródeł emisji pyłu i jego prekursorów (do 80-90%), przy czym istniała zauważalna różnica w udziale tej kategorii emisji pomiędzy północną i północno-zachodnią częścią kraju, a jego południową i południowo-wschodnią częścią. Zarysował się również miejscowo zauważalny współudział źródeł liniowych (10-30%), zaznaczający się w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1, nr 7 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀, był nieznaczny i nie przekraczał

10%, z wyjątkiem małego wycinka okolic Koszalina, gdzie wpływ tej kategorii źródeł emisji osiągnął wartości do 30%.



Rysunek 4.15-7. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 1 stycznia 2016 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski - przeważnie 90% udziału źródeł krajowych. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu pyłu PM₁₀ na terenach położonych wzdłuż wszystkich granic kraju (od 30% do nawet 50% w pasie przygranicznym). Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na obszarze północnych Czech, Słowacji, południowo-zachodniej Ukrainy oraz północnych Węgier i Rumunii (udział źródeł krajowych dla wymienionych obszarów na poziomie 50-80%) oraz południowych obszarów Bałtyku (wkład emisji ze źródeł polskich 60-90%).

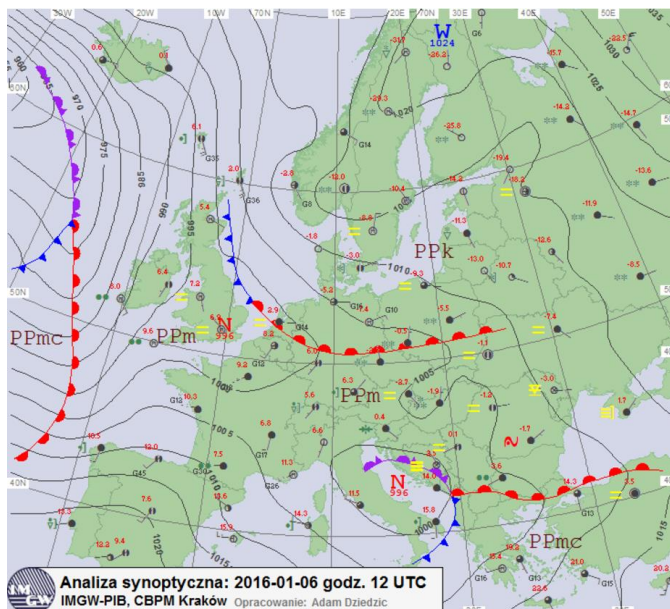
4.16. Epizod 16. Od 4 do 7 stycznia 2016 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)

Epizod typu I

Sytuacja synoptyczna

W tym okresie Polska znajdowała się pod słabnącym wpływem układu wyżowego z centrum nad północną Finlandią. Front ciepły wkraczający od południa spowodował wypieranie zimnych mas powietrza polarnego kontynentalnego na rzecz ciepłego powietrza polarnego i stopniowy wzrost temperatury w rozpatrywanym okresie. Front ten przyniósł również wzrost zachmurzenia zwłaszcza w ostatnich dniach do poziomu całkowitego na

większym obszarze kraju oraz opady śniegu, które wcześniej nie występowały. W rejonach gdzie nie wystąpił opad odnotowano umiarkowane zamglenie. Temperatury od -9°C na północy do -1°C na południu. Przewaga słabych wiatrów południowo-wschodnich oraz wschodnich.



Rysunek 4.16-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 6 stycznia 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

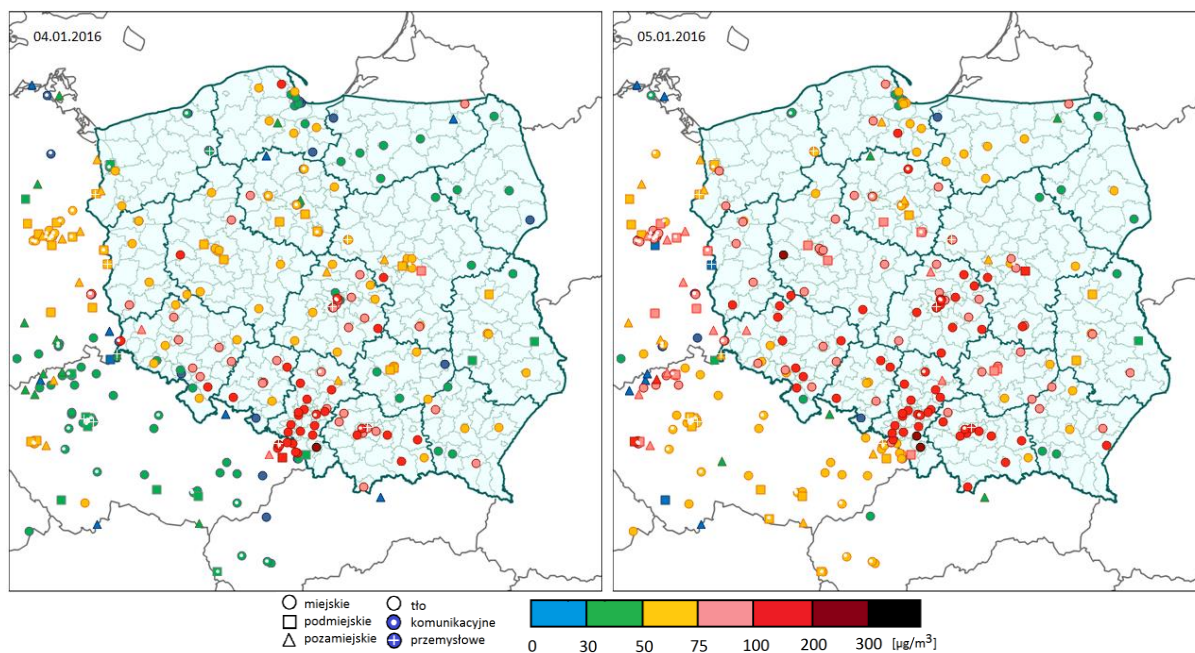
Pierwszego dnia epizodu (4.01.2016 r.) najwięcej przypadków stężeń przewyższających poziom epizodu zarejestrowano na stacjach w woj. śląskim (17 z 70 w kraju). Liczne przekroczenia wystąpiły też w woj. małopolskim, opolskim i dolnośląskim, po jednym lub kilku przekroczeniach wystąpiło w dalszych 8 województwach (łącznie z woj. pomorskim i warmińsko-mazurskim). W Bielsku-Białej przekroczony został poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Czechach, w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy. W drugim dniu obszar występowania wysokich stężeń rozszerzył się na większość terytorium kraju (z wyłączeniem woj. podlaskiego i części warmińsko-mazurskiego). Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 117 stanowiskach w Polsce. Na 89% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Oznacza to, że w tym dniu (5.01.2016 r.) spełnione były warunki określone dla epizodu I typu. Poziom informowania przekroczony był na 2 stanowiskach w woj. śląskim i jednym w wielkopolskim. Stężenie maksymalne dla Polski, zarejestrowane na stacjach w Pszczynie i w Nowym Tomysłu, wynosiło $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W tym dniu wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Niemczech: na 12 stacjach tła i 11 komunikacyjnych stężenia dobowe PM₁₀ przekroczyły poziom epizodu. Wysokie stężenia PM₁₀ notowano też w zachodniej części Czech, w sumie na 18 stacjach, w tym na 15 stacjach tła.

W trzecim, kulminacyjnym dniu epizodu (6.01.2016 r.), poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 123 stanowiskach w Polsce. Na 85% stanowisk w kraju, stężenia 24-godz. PM₁₀ były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Oznacza to, że również w tym

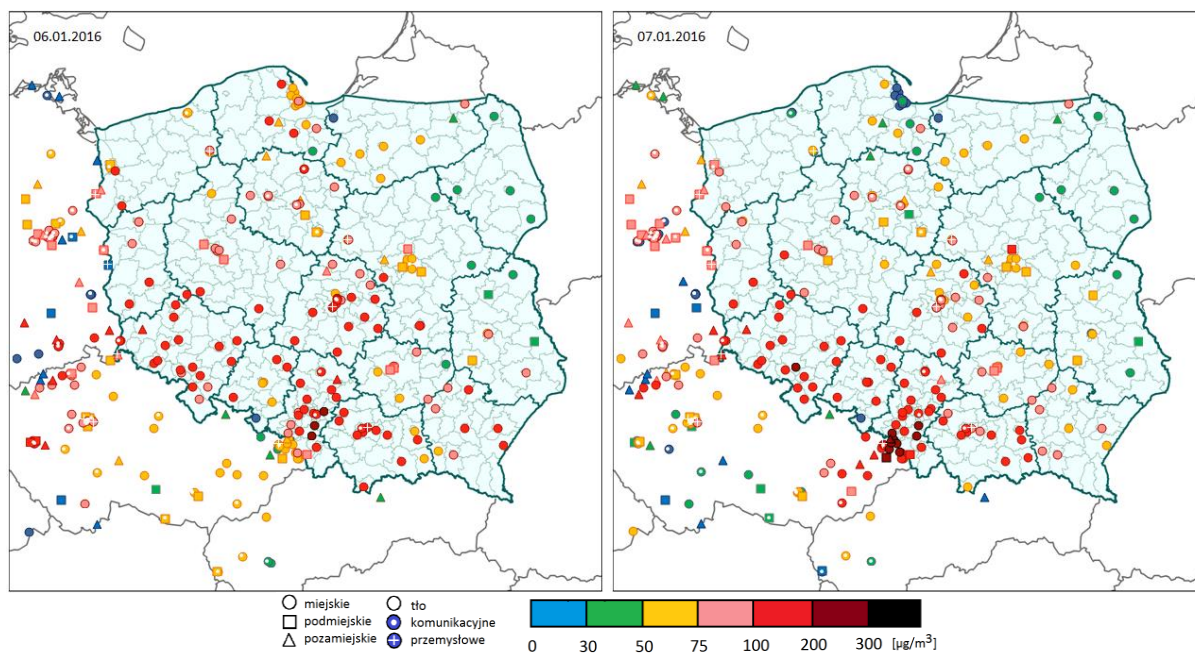
dniu spełnione były warunki określone dla epizodu I typu. Poziom informowania przekroczone był na 3 stanowiskach w woj. śląskim. Maksymalne stężenie 24-godz. PM10 zarejestrowano w Pszczynie ($255 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W tym dniu wysokie stężenia PM10 notowane były również w Niemczech: na 13 stacjach tła i 10 komunikacyjnych stężenia dobowe PM10 przekroczyły poziom epizodu. Wysokie stężenia PM10 notowano też w zachodniej części Czech, w sumie na 23 stacjach, w tym na 17 stacjach tła.

W dniu 7.01.2016 r. stężenia PM10 w centrum i na północy Polski obniżyły się. Wysokie stężenia notowane były w dalszym ciągu na wielu stacjach na południu i w zachodniej części kraju. Najwyższe stężenia wystąpiły na pograniczu polsko-czeskim w woj. śląskim oraz w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy. Na 10 stacjach zlokalizowanych na tym obszarze stężenia dobowe PM10 przekroczyły poziom informowania – $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W Polsce poziom epizodu przekroczone był na 107 stacjach w 14 województwach, a poziom dopuszczalny $\text{D}_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczany był na wielu stacjach we wszystkich województwach z wyjątkiem podlaskiego. W Niemczech przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły na 31 stacjach, w tym na 19 stacjach tła, w Czechach na 28 stacjach w tym na 22 stacjach tła.

Podczas trwania epizodu zanotowano 12 przypadków przekroczeń poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w tym 10 w woj. śląskim. Przekroczenia poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w tym okresie w Polsce nie zarejestrowano.



Rysunek 4.16-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 4-5.01.2016 r.



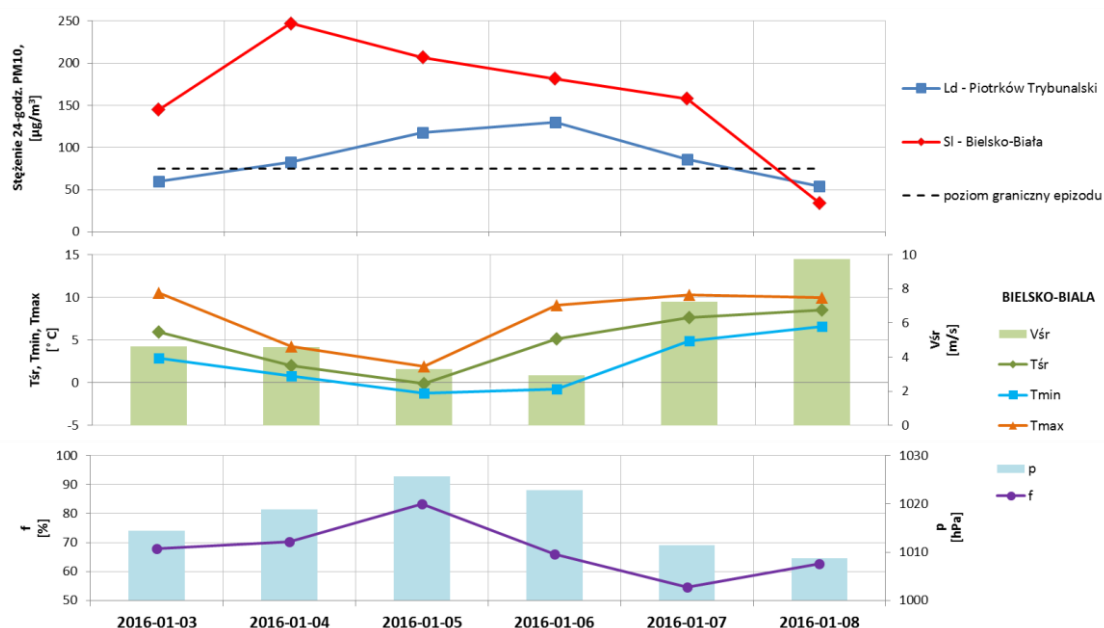
Rysunek 4.16-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 6-7.01.2016 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 6.01.2016 r. (rys. 4.16-3). W tym dniu Polska znajdowała się pomiędzy wyżem znad północnej Rosji a niżami znad Włoch i Wielkiej Brytanii. Nad południową częścią kraju powoli przesunął się ciepły front atmosferyczny. Zamglenia występowały w ciągu całej doby (Wrocław). Wiatr był słaby z kierunków wschodnich, padał śnieg, zachmurzenie było duże. Temperatura powietrza wynosiła od -3 do 0 °C. Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach z wyjątkiem podlaskiego. W 15 województwach, na 123 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu (75 µg/m³). Wysokie stężenia występowały na większości terytorium kraju z wyłączeniem fragmentów północno-wschodnich. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 92% stanowisk w Polsce, w tym na 92% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 44% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 66% stanowisk w kraju (w tym na wszystkich stanowiskach w woj. dolnośląskim), na 48% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 44% stanowisk pozamiejskich. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 75 stanowiskach w 12 województwach. Na 85% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Oznacza to, że w tym dniu spełnione były warunki określone dla epizodu I typu. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 97 µg/m³, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim i dolnośląskim – 133 µg/m³.

Maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Pszczynie w woj. śląskim – 255 µg/m³ – było to jedno z 3 przekroczeń poziomu informowania w tym dniu w Polsce.

Tabela 4.16-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 4-7.01.2016 r.

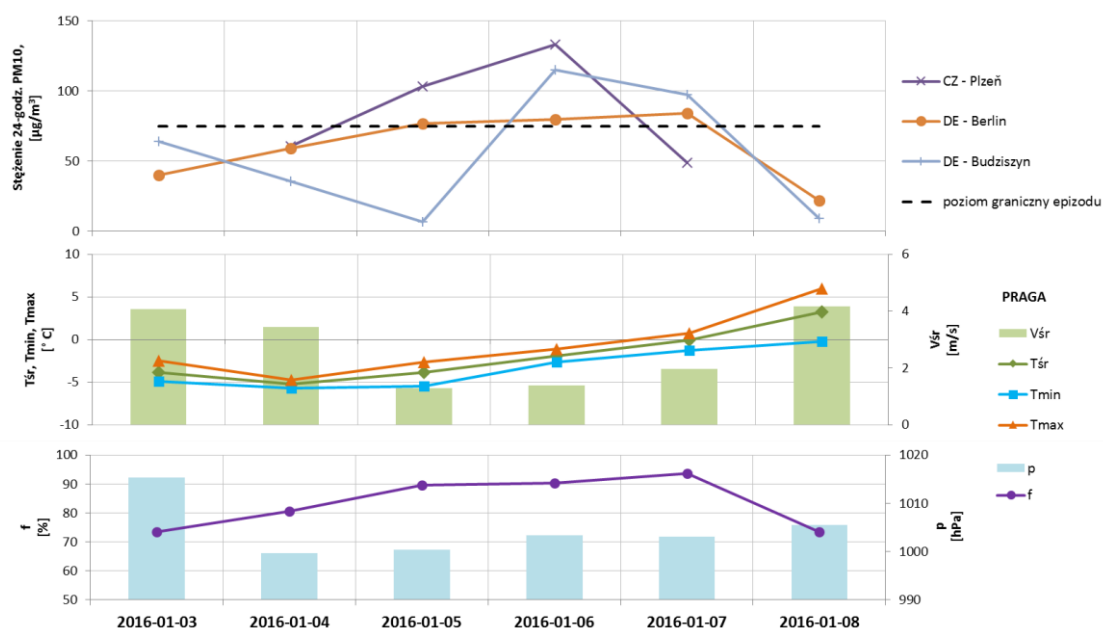
	Jedno- stka	04.01. 2016	05.01. 2016	06.01. 2016	07.01. 2016
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	71.6	93.0	97.0	94.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	70	90	92	84
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	35	64	66	58
% stanowisk z S24>S95	%	44	89	85	74
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	247	216	255	236
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	72.8	94.1	97.6	96.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	72	90	92	85
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	35	66	68	59
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	247	216	255	236
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	49.8	66.1	77.4	67.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	56	78	89	67
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	11	33	44	33
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	87	95	126	135
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	7	15	17	22
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	12	13	19



Rysunek 4.16-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie-Balicach

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

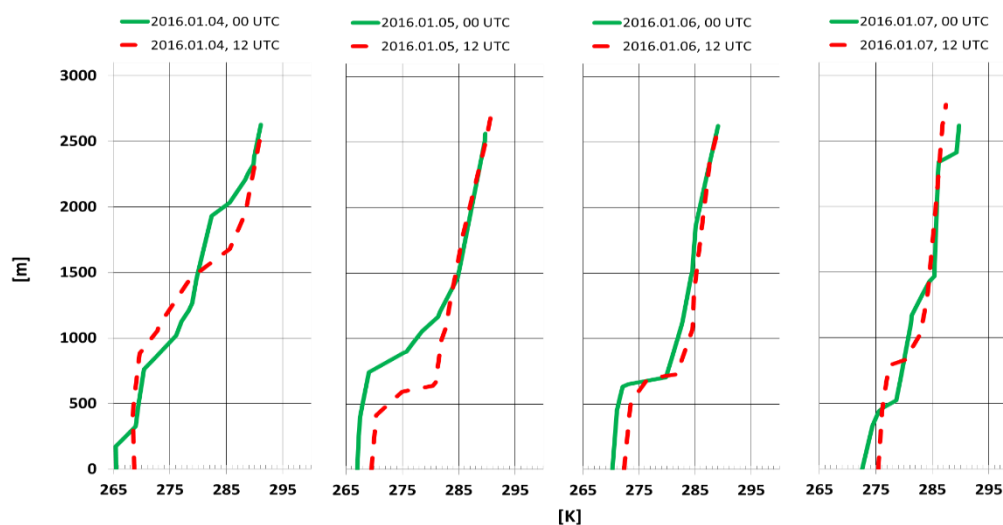
W dniu 4.01.2016 r. wysokie stężenie PM₁₀ rejestrowane były w Czechach w rejonie Czeskiego Cieszyna i Ostrawy oraz na 2 stacjach w Niemczech (w tym na jednej tła podmiejskiego). W kolejnych dwóch dniach stężenia przekraczające poziom epizodu rejestrowane były w zachodniej części Czech na 18-23 stacjach oraz w Niemczech na 23-26 stacjach (w tym na 12-13 stacjach tła). W dniu 7.01.2016 r. wysokie stężenia notowano w północno-zachodniej i we wschodniej części Czech. Stężenia w rejonie Czeskiego Cieszyna i Ostrawy na 6 stacjach przekraczały 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. W Niemczech stężenia wyższe od 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występowały na całym obszarze objętym analizą, w sumie na 31 stanowiskach, w tym na 19 stanowiskach tła.



Rysunek 4.16-5. Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach i Niemczech oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Pradze

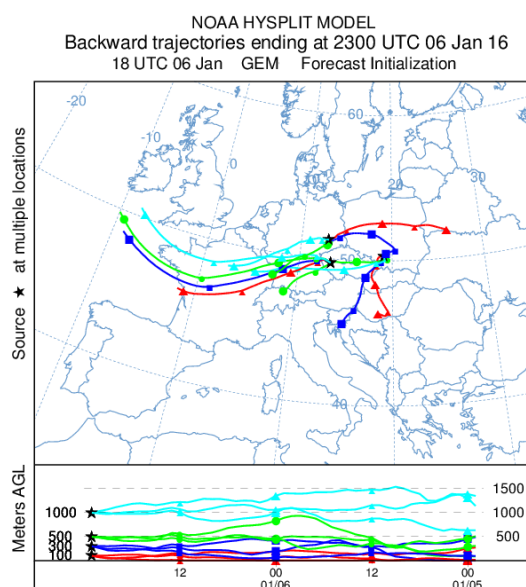
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 04-07.01.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostějov (Czechy, nr stacji: 11747).

Analizując wykresy temperatury potencjalnej dla tego okresu widać, iż zarówno podczas dnia i nocy znacznie przeważała równowaga stała, rzadziej lekko stała. Jedynie pierwszego dnia epizodu można wskazać, iż do wysokości około 250 m w godzinach nocnych oraz do 500 m w godzinach dziennych występowała równowaga obojętna. Zauważalna jest silna inwersja podniesiona, oscylująca pomiędzy wysokością 750 m oraz 2000 m, będąca inwersją frontową wywołaną przechodzącymi w tym okresie przez terytorium Polski frontami głównie zokludowanymi i ciepłymi. Odnośnie inwersji przyziemnych, to pierwszego i ostatniego dnia epizodu można wskazać inwersję radiacyjną. Temperatura przy powierzchni ziemi charakteryzowała się stopniowym wzrostem, od -8°C w nocy i -4°C w dzień pierwszego dnia tego okresu do -1°C w nocy oraz 1°C w dzień ostatniego dnia epizodu.



Rysunek 4.16-6. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sonduży aerologicznych w Prostejowie w dniach 04-07.01.2016 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.16-7. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 6 stycznia 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla dnia referencyjnego epizodu (6.01.2016 r.) dla miast, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀. Są to Sosnowiec (220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w Polsce, Pilzno (do 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w Czechach oraz Wermsdorf (114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w Niemczech (stacja pozamiejska).

Przebiegi trajektorii wstecznych do tych 3 miejscowości dla wysokości 500 i 1000 m mają podobny przebieg – napływ powietrza z zachodu. Dla niższych wysokości trajektorie wsteczne wskazują na odmienne kierunki napływu dla poszczególnych lokalizacji. W przypadku Sosnowca trajektorie dla 100 i 300 m wskazują na napływ powietrza z południa: z

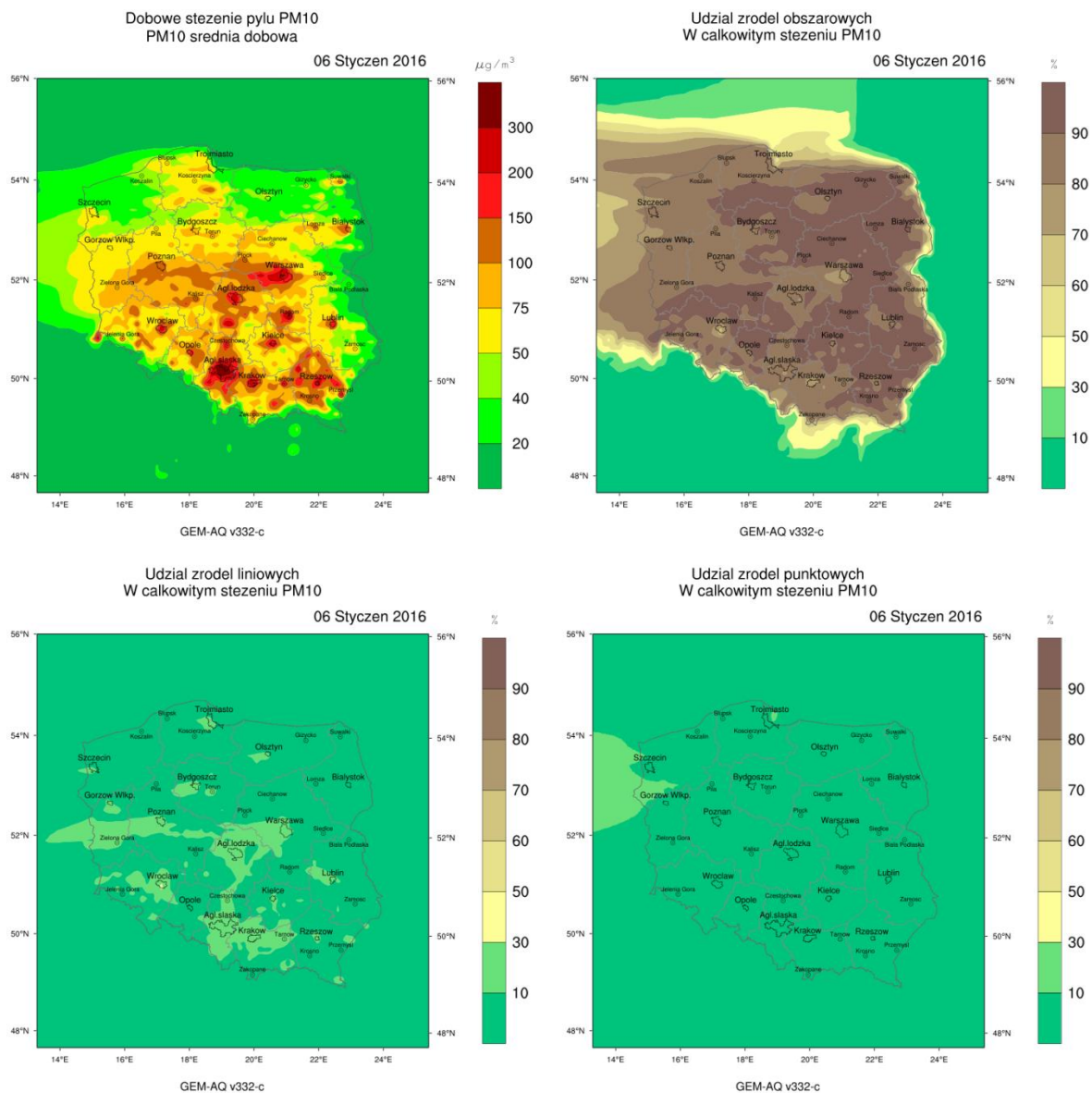
południowej części woj. śląskiego, rejonu Czeskiego Cieszyna i Ostrawy w Czechach, wschodniej części Czech i dalej znad Austrii i Węgier.

W przypadku Pilzna w Czechach kierunek napływu na poziomie 100 i 300 m jest podobny jak dla wyższych wysokości – jest to napływ z zachodu, znad zachodniej części Czech, Niemiec i Francji.

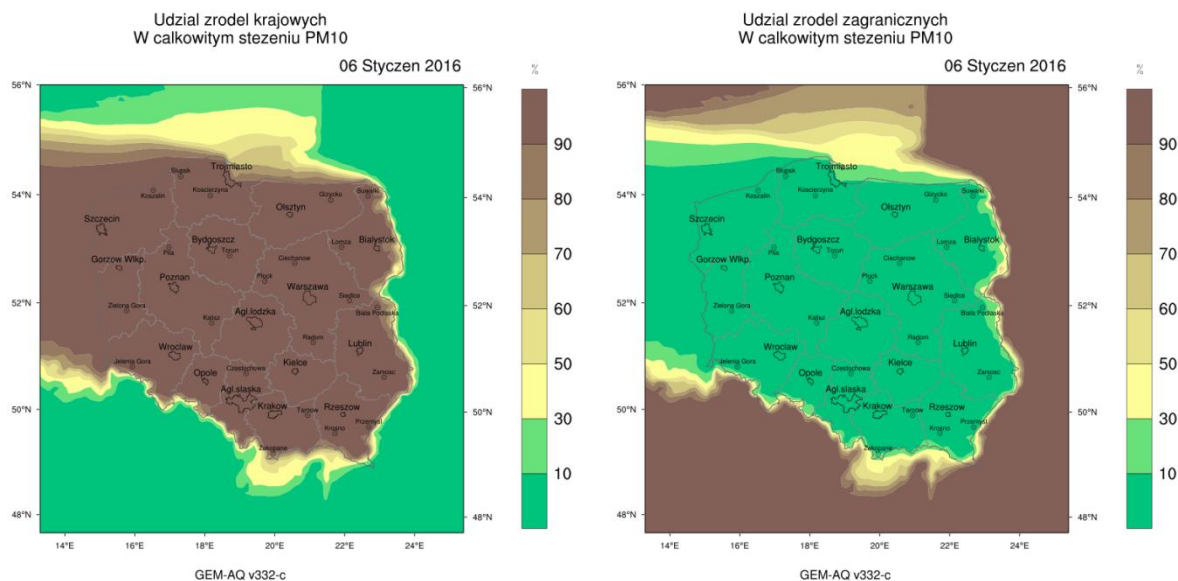
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 06.01.2016 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz ich otoczeniu na obszarze całego kraju z wyjątkiem obszaru województwa zachodniopomorskiego, warmińsko-mazurskiego oraz części obszaru województw podlaskiego i lubelskiego. Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenie PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 7 na odcinku Warszawa-Kraków i nr 12, od Warszawy do Lublina.

Analizując udział poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 można zauważyć, iż największe znaczenie miały źródła powierzchniowe, co związane było przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (na poziomie do 80-90% wartości stężenia dobowego, dla całego obszaru kraju). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacuje się na 70-90%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 7 i nr 12 oraz autostrady A1, A2 i A4), jak również na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, oraz w rejonach wysokich stężeń PM10 był niewielki i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.16-8. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 6 stycznia 2016 r.



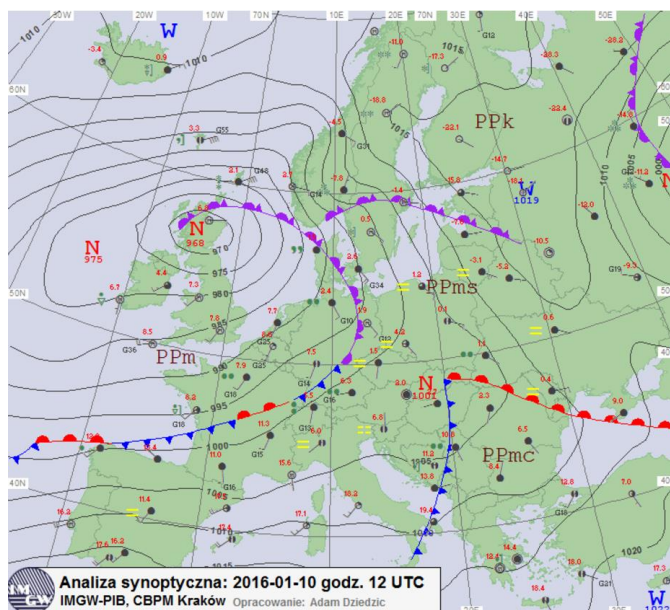
Rysunek 4.16-9. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 6 stycznia 2016 r.

O wysokiej wartości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (udział źródeł krajowych na poziomie 90%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju był niewielki i osiągał wartości maksymalnie do 10%, z wyjątkiem północnego, wschodniego i południowego pasa przygranicznego, gdzie osiągnięto wartości do 50% udziału ze źródeł zagranicznych. Polskie źródła emisji mogły mieć znaczny wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Niemiec zachodnich (do 90% udziału ze źródeł polskich), Czech oraz przybrzeżnego pasa Bałtyku (do 50% udziału źródeł polskich w całkowitym stężeniu PM₁₀).

4.17. Epizod 17. Od 9 do 12 stycznia 2016 r.

Sytuacja synoptyczna

W omawianym terminie odnotowano przede wszystkim rosnący wpływ niżu z centrum nad obszarem Szkocji, który wypierał wyż wschodni. Zalegające powietrze polarne morskie stare było wypychane przez nadciągający z zachodu front zokludowany ciepły, na rzecz powietrza polarne morskiego znad Atlantyku. Temperatura od 0°C w centrum do 4°C na południowym zachodzie. Wystąpił opad deszczu w południowo-wschodniej części kraju spowodowany minimalnym oddziaływaniem frontu ciepłego od południa. W okresie tym występowało umiarkowane zamglenie w północnej i północno-zachodniej części kraju. Zachmurzenie przeważnie od umiarkowanego na zachodzie do dużego na północy i w centrum. Dominowały wiatry południowo-wschodnie, od słabych do umiarkowanych.

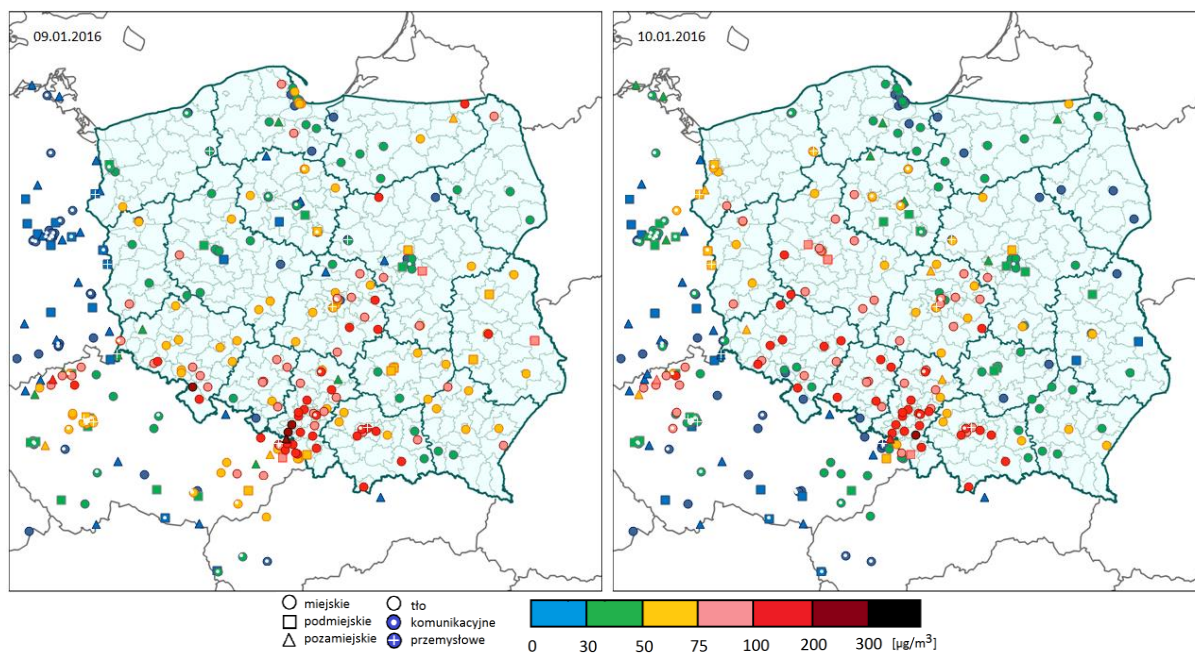


Rysunek 4.17-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 10 stycznia 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

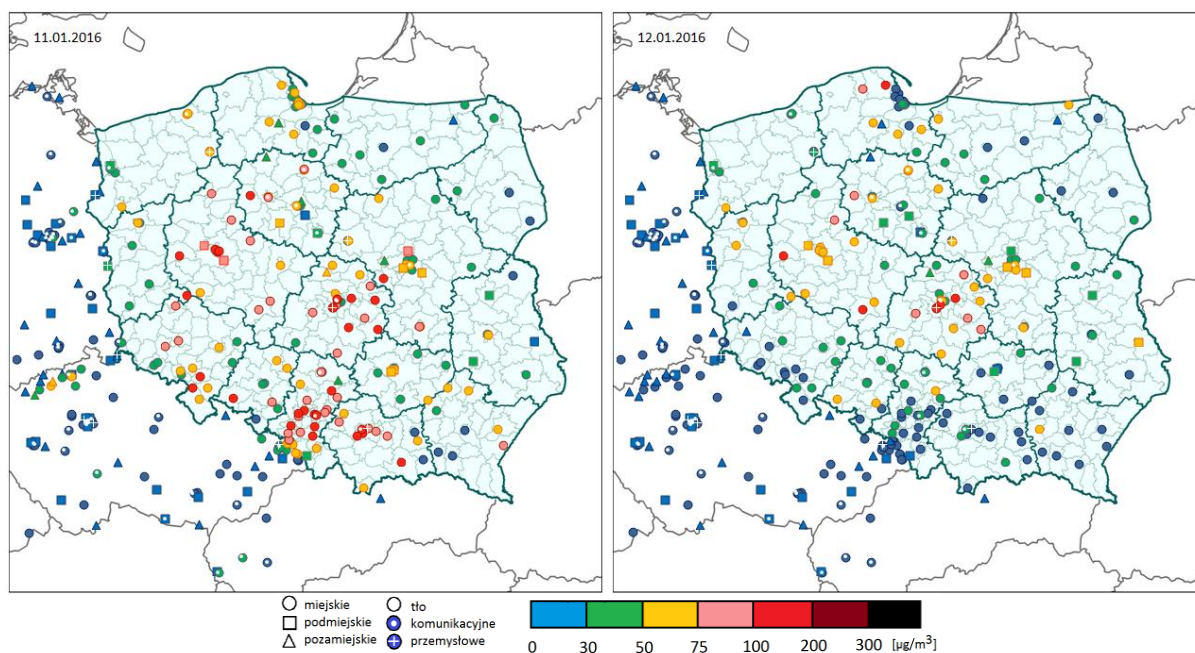
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Pierwszego dnia epizodu (9.01.2016 r.) najwięcej przypadków stężeń przewyższających poziom epizodu zarejestrowano na stacjach w woj. śląskim (18 z 61 w kraju). Liczne przekroczenia wystąpiły też w woj. małopolskim, opolskim, dolnośląskim i łódzkim. Po jednym lub kilku przekroczeniach wystąpiło w dalszych 8 województwach (łącznie z woj. pomorskim i warmińsko-mazurskim). Na 2 stacjach w woj. śląskim i jednej w dolnośląskim przekroczony został poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Czechach, w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy. W drugim dniu stężenia na wschodzie i północy Polski obniżyły się, wzrosły w zachodniej połowie kraju. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 69 stanowiskach w Polsce. Poziom informowania przekroczony był na 1 stanowisku – w Pszczynie w woj. śląskim. Stężenie maksymalne dla Polski, zarejestrowane na stacjach w Pszczynie wynosiło $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W tym dniu wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Czechach, głównie w zachodniej części Czech, w sumie na 10 stacjach, w tym na 9 stacjach tła. W trzecim dniu epizodu (11.01.2016 r.), poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 64 stanowiskach w Polsce. Wysokie stężenia notowane były głównie na południu i w centrum kraju. Stężenie maksymalne – $182 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – zanotowano w Pszczynie. W dniu 12.01.2016 r. stężenia PM₁₀ na południu kraju znacząco obniżyły się. Wysokie stężenia notowane były w dalszym ciągu w sumie na 14 stacjach w centralnej i północnej Polsce.

Podczas trwania epizodu zanotowano 4 przypadki przekroczeń poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w tym 3 w woj. śląskim. Przekroczenia poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w tym okresie w Polsce nie zarejestrowano.



Rysunek 4.17-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 9-10.01.2016 r.



Rysunek 4.17-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 11-12.01.2016 r.

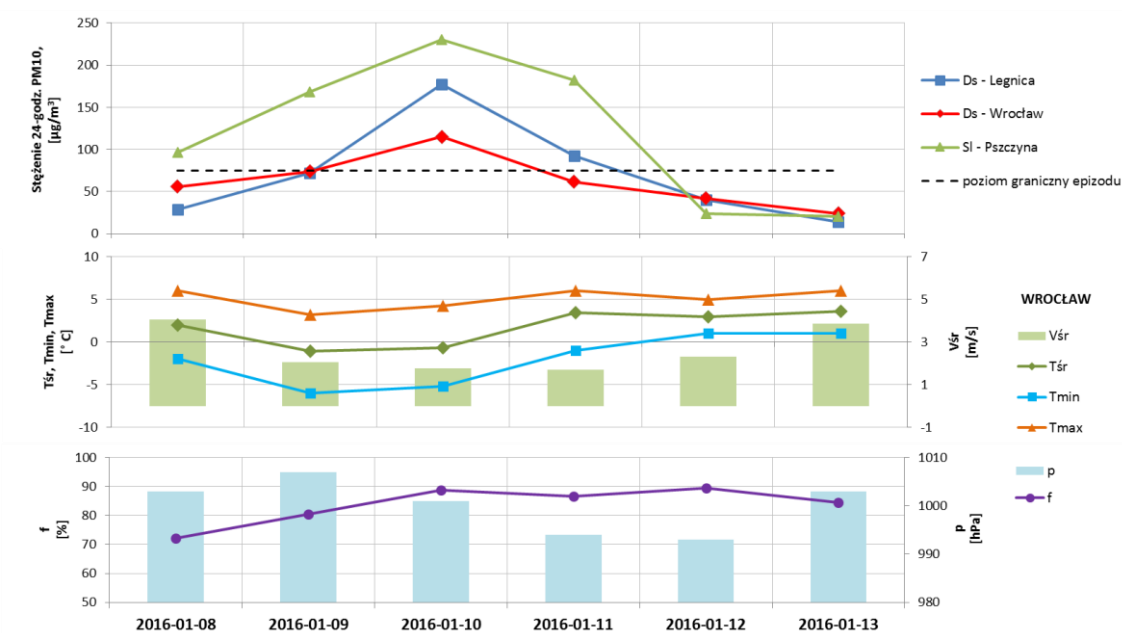
Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 10.01.2016 r. (rys. 4.17-2). W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu zatoki niżowej połączonej z niżem nad Wielkiej Brytanii. W ciągu całej doby występowały zamglenia (Poznań). Wiatr był umiarkowany i słaby z kierunków wschodnich, okresami padał deszcz, zachmurzenie było duże. Temperatura powietrza wynosiła od -2 do 2 °C. Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach z wyjątkiem podlaskiego i pomorskiego. W 10 województwach, na 69 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu (75 µg/m³). Wysokie stężenia występowały w południowo-zachodniej połowie terytorium Polski. Najwięcej

przekroczeń wystąpiło na stacjach w woj. śląskim. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 56% stanowisk w Polsce, w tym na 57% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 44% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 36% stanowisk w kraju (w tym 91% stanowiskach w woj. śląskim i 100% w opolskim), na 39% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 34 stanowiskach w 7 województwach. Na 38% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim i opolskim – $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Pszczynie w woj. śląskim – $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.1-7 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Pszczynie i Legnicy, a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji meteorologicznej we Wrocławiu.

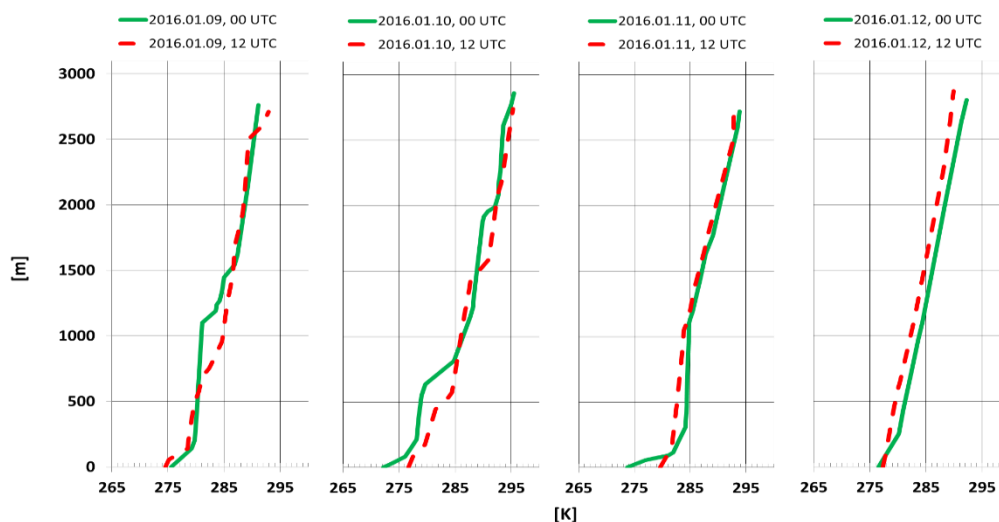
Tabela 4.17-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 9-12.01.2016 r.

	Jedno -stka	09.01. 2016	10.01. 2016	11.01. 2016	12.01. 2016
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	65.7	67.0	63.9	40.8
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	62	56	60	29
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	32	36	33	7
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	35	38	31	9
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	214	230	182	107
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	68.2	68.3	64.7	41.0
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	66	57	62	29
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	34	39	34	8
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	214	230	182	107
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	33.5	48.4	37.5	23.2
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	44	13	0
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	71	75	56	34
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	14	9	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0	0



Rysunek 4.17-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych we Wrocławiu

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 09-12.01.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji: 12425).

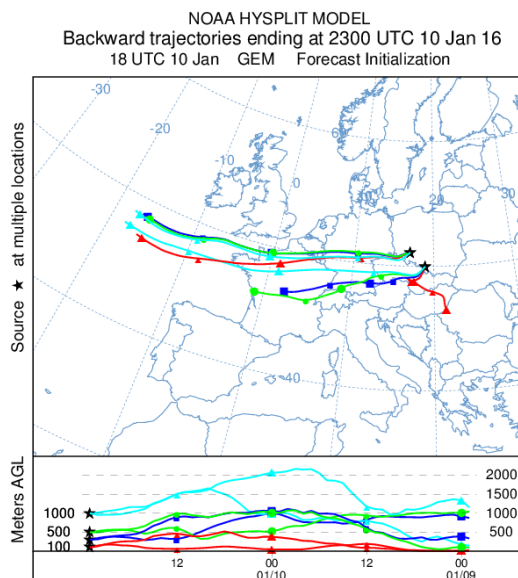


Rysunek 4.17-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych we Wrocławiu w dniach 09-12.01.2016 r.

Na podstawie wykresów temperatury potencjalnej można wskazać dominację równowagi stałej dla wszystkich dni tego okresu, niezależnie od pory dnia i wręcz książkowej ostatniego dnia epizodu. Ze względu na niewielką zmianę temperatury z wysokością, można by pokusić się o wyróżnienie dla godzin nocnych pierwszego i drugiego dnia równowagi lekko stałej wchodzącej w obojętną na wysokości od 200 m do około 1100 m. Podczas tego epizodu wystąpiła delikatna inwersja radiacyjna o grubości do maksymalnie 200 m, jak również

niewielka inwersja wyżowa oscylująca na wysokości od 700 m do 1100 m. Temperatura przy powierzchni ziemi nie ulegała znacznej zmianie, nieco większe wahania pomiędzy dniem i nocą w drugim i trzecim dniu tego okresu, od 0°C w nocy do 6°C w dzień.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.17-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 10 stycznia 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla dnia kulminacyjnego epizodu (10.01.2016 r.) dla miast, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM10. Były to Pszczyna (230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Wrocław (115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

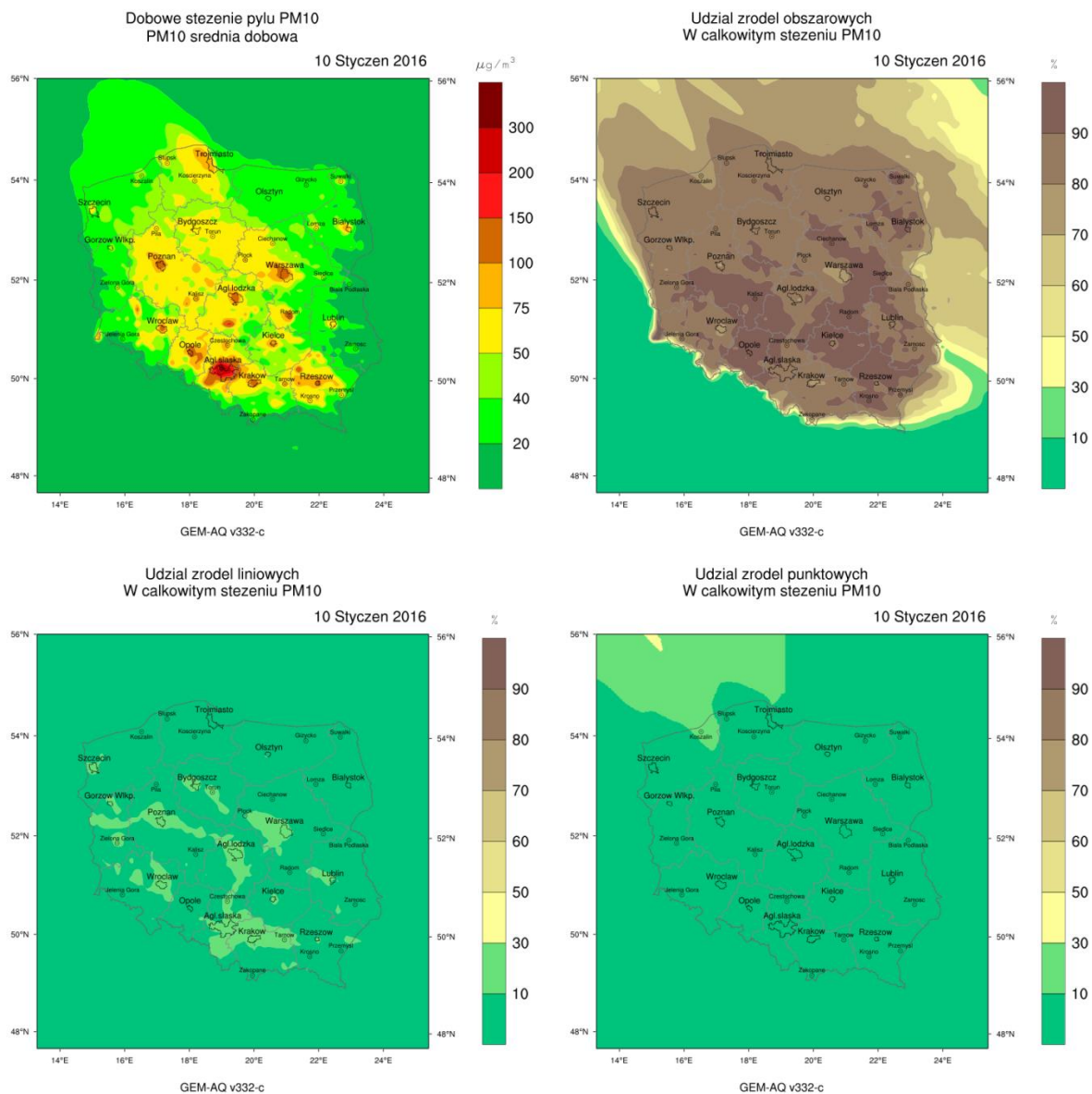
Przebiegi trajektorii wstecznych do tych 2 miejscowości dla wysokości 300, 500 i 1000 m mają podobny przebieg – napływ powietrza z południowego zachodu i wcześniej z zachodu – z Czech, Niemiec i Francji. Dla wysokości 100 m trajektorie wsteczne wskazują na odmienne kierunki napływu dla poszczególnych lokalizacji dla pierwszej doby analizy. W przypadku Pszczyny trajektoria dla 100 m wskazuje na napływ powietrza z południowego zachodu: z południowej części woj. śląskiego, rejonu Czeskiego Cieszyna i Ostrawy w Czechach, wschodniej części Czech i dalej znad Słowacji i Węgier.

W przypadku Wrocławia kierunek napływu na poziomie 100 m jest podobny jak dla wyższych wysokości – jest to napływ z południowego zachodu i wcześniej z zachodu, znad północno-zachodniej części Czech, Niemiec i Francji.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM10 w dniu 10.01.2016 r. uzyskany na drodze modelowania matematycznego wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na terenie całego

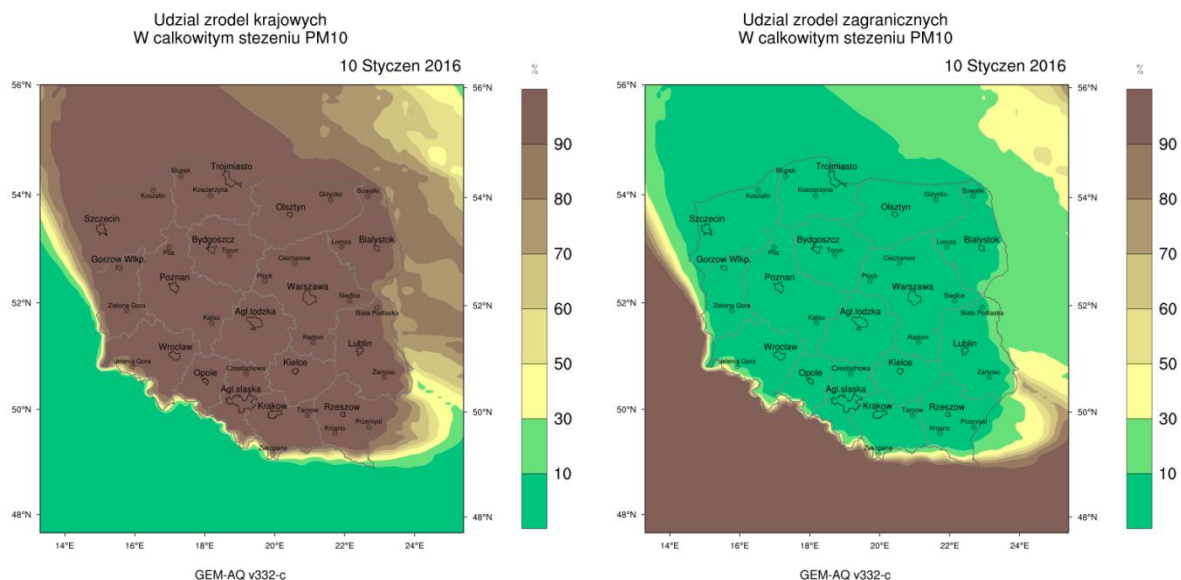
kraju, z wyłączeniem większości obszarów Polski zachodniej i wschodniej oraz terenu województwa warmińsko-mazurskiego, a także około połowy województwa mazowieckiego. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM₁₀ wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 7 na odcinku Warszawa-Gliniojeck.



Rysunek 4.17-7. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 10 stycznia 2016 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80-90% udziału tej kategorii źródeł emisji). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział powierzchniowych źródeł emisji szacowany jest na 60-90%. Procentowy udział źródeł liniowych nie był wysoki – przeważnie 10-30% i miał on miejsce przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków

komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4), ale też na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀ był mały i nie przekraczał 10% za wyjątkiem obszaru Koszalina gdzie udział źródeł z tej kategorii osiągnął wartość do 30%.



Rysunek 4.17-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 10 stycznia 2016 r.

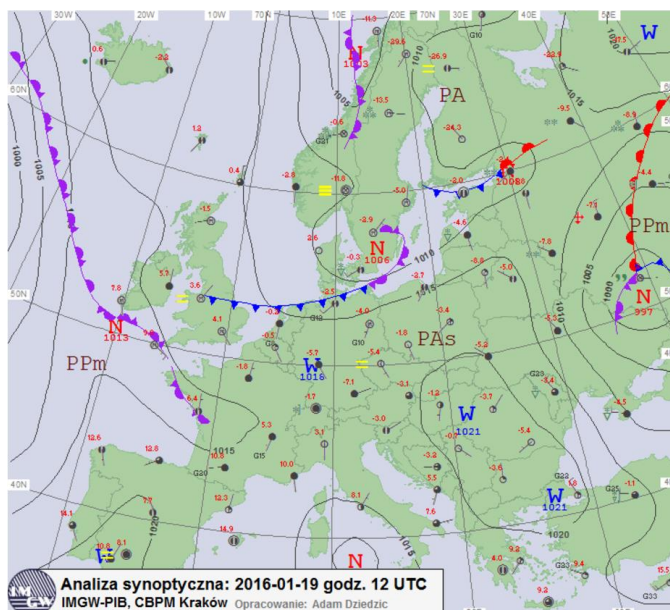
O wysokiej wartości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski, która dla całego kraju osiągnęła udział w całkowitym stężeniu PM₁₀ na poziomie 90%. Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju był niewielki i osiągał wartości maksymalnie do 10%, z wyjątkiem zachodniego, południowego i południowo-wschodniego pasa przygranicznego, gdzie osiągnięto do 50% udziału ze źródeł zagranicznych. Polskie źródła emisji mogły mieć pewien wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Niemiec zachodnich, Obwodu Kaliningradzkiego, Litwy południowej, jak również zachodniej Ukrainy i Białorusi (50-80%) oraz południowej części Bałtyku (70-90%).

4.18. Epizod 18. Od 17 do 20 stycznia 2016 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy)

Sytuacja synoptyczna

Dla terenu Polski okres ten odznaczył się oddziaływaniem układu wyżowego z centrami nad obszarem Niemiec zachodnich oraz Bałkanów, który powoli oddalał się na wschód. Nad obszarem kraju zalegały masy powietrza polarnego arktycznego starego, które jednak były

wycofywane na południowy wschód w związku z nadciągającym od północnego zachodu frontem zokludowanym, a którego nadejście spowodowało zauważalny wzrost temperatury względem początku tego okresu. Temperatura od -5°C na południowym wschodzie do 0°C w centrum kraju. Wystąpiły przelotne opady śniegu, zwłaszcza we wschodniej części kraju, natomiast w zachodniej części umiarkowane zamglenie. Zachmurzenie było przeważnie od silnego na północy, poprzez umiarkowane w centrum do braku zachmurzenia na południowym zachodzie. Stopień zachmurzenia uzależniony był od przechodzącego frontu zokludowanego. Dominował wiatr słaby z południowego wschodu oraz południowego zachodu.



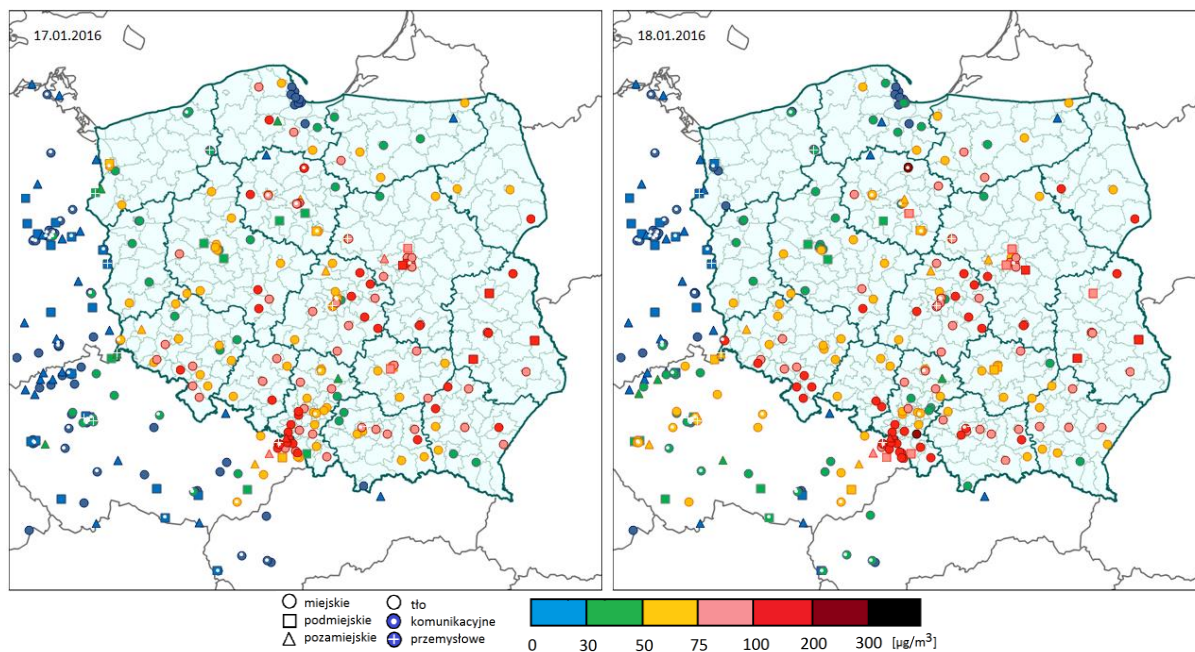
Rysunek 4.18-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 19 stycznia 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

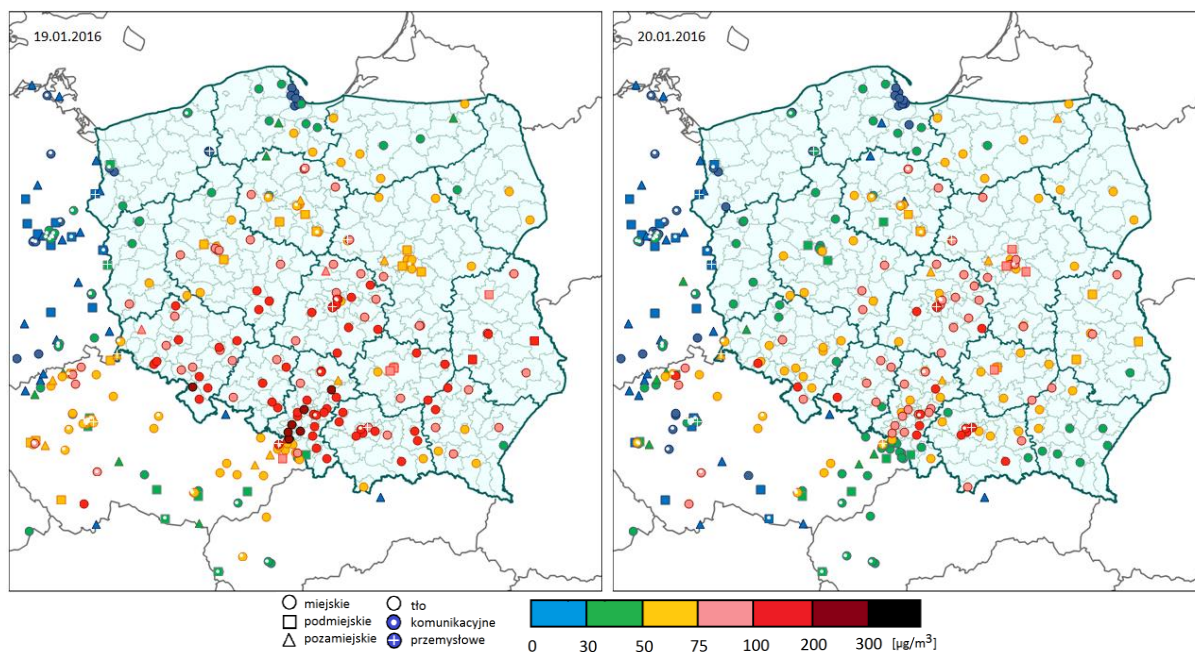
W dniu 17.01.2016 Polska znajdowała się w centrum wyżu. Wysokie stężenia PM₁₀ występowały we wszystkich województwach z wyjątkiem zachodniopomorskiego i lubuskiego. Proporcjonalnie najwięcej przekroczeń zanotowano w woj. lubelskim (100% stacji) i mazowieckim (80% stacji). Liczne przekroczenia wystąpiły też w woj. łódzkim, śląskim i podkarpackim. W skali Polski, przekroczenia poziomu epizodu zarejestrowano na 81 stacjach. Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Czechach, w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy. W drugim dniu rozkład stężeń PM₁₀ był podobny, jak w dniu poprzednim. Przekroczenia poziomu epizodu zarejestrowano na 82 stacjach w kraju. Wzrosły stężenia maksymalne – na 2 stacjach, w Pszczynie i Grudziądzu (stacja komunikacyjna) przekroczony został poziom informowania (200 µg/m³). W trzecim, kulminacyjnym dniu epizodu (19.01.2016 r.) znacząco wzrosła liczba stacji z przekroczeniami – do 112. Na 7 stanowiskach przekroczony był poziom informowania, a stężenia w woj. śląskim (Myszków -291 µg/m³, Rybnik – 288 µg/m³) zbliżyły się do poziomu alarmowego. Wysokie stężenia notowane były w południowej połowie Polski. Na północy i północnym zachodzie kraju stężenia PM₁₀ były znacznie niższe. W dniu 20.01.2016 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły głównie w centrum i

na południu Polski, w sumie na 64 stacjach. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły też na kilku stacjach w Czechach.

Podczas trwania epizodu zanotowano 9 przypadków przekroczeń poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w tym 7 w woj. śląskim. Przekroczenia poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w tym okresie w Polsce nie zarejestrowano.



Rysunek 4.18-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 17-18.01.2016 r.



Rysunek 4.18-3. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 19-20.01.2016 r.

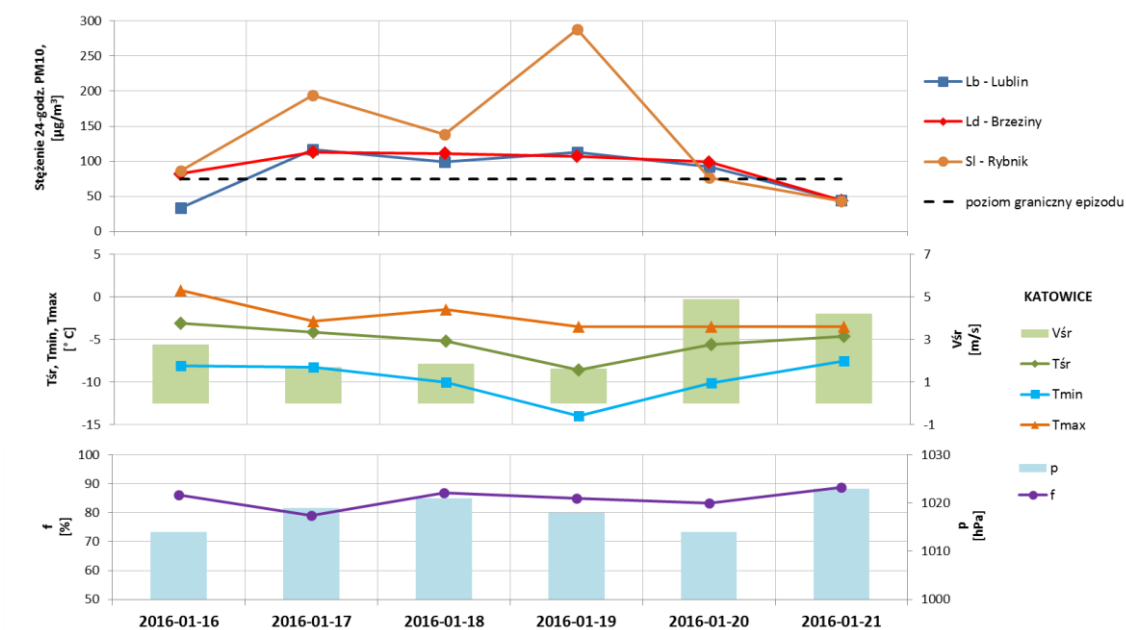
Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM10 miała miejsce w dniu 19.01.2016 r. W tym dniu Polska znajdowała się w centrum wyżu obejmującego Europę centralną i południową. W Polsce w nocy, rano i wieczorem występowały zamglenia (Katowice-Muchowiec). Wiatr był słaby z kierunków południowych, okresami padał śnieg, aczkolwiek z reguły zachmurzenie było niewielkie. Temperatura powietrza wynosiła od -14 do 3 °C. Stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach z wyjątkiem zachodniopomorskiego. W 12 województwach, na 112 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu (75 µg/m³). Wysokie stężenia występowały w południowej połowie terytorium Polski i dodatkowo w woj. kujawsko-pomorskim. W województwach łódzkim, opolskim, śląskim, lubelskim, świętokrzyskim, małopolskim i dolnośląskim przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły prawie na wszystkich stacjach. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 81% stanowisk w Polsce, w tym na 82% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 56% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 56% stanowisk w kraju (w tym 91% stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, opolskim, dolnośląskim i łódzkim), na 59% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 22% stanowisk tła pozamiejskiego. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 63 stanowiskach w 9 województwach. Na 73% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 89 µg/m³, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim i opolskim – 157 µg/m³.

Maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Myszkowie w woj. śląskim – 291 µg/m³. Poziom informowania przekroczony był w tym dniu na 7 stacjach, w tym na 6 z woj. śląskiego.

Tabela 4.18-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 17-20.01.2016 r.

	Jedno -stka	17.01. 2016	18.01. 2016	19.01. 2016	20.01. 2016
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	71.5	72.8	89.3	63.7
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	74	73	81	69
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	42	42	56	32
% stanowisk z S24>S95	%	47	50	73	40
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	194	233	291	156
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	72.7	74.1	91.2	63.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	75	74	82	69
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	44	45	59	33
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	194	203	291	156
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	50.2	43.5	58.0	43.0
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	44	44	56	44
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	11	0	22	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	82	71	95	70

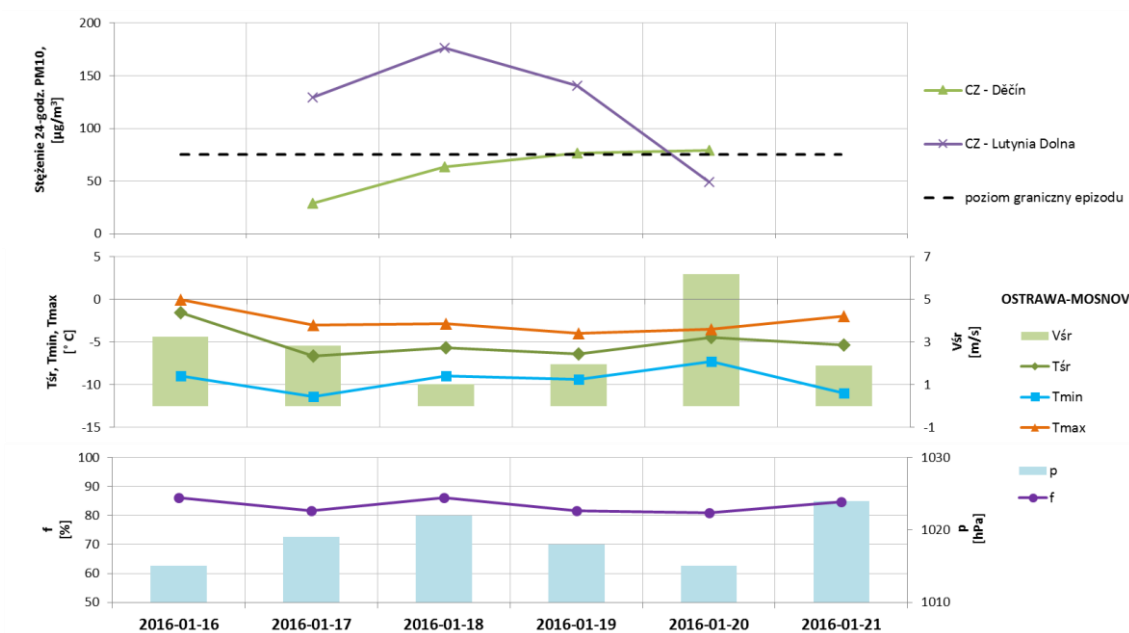
	Jedno -stka	17.01. 2016	18.01. 2016	19.01. 2016	20.01. 2016
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	8	11	6	4
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0	0



Rysunek 4.18-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

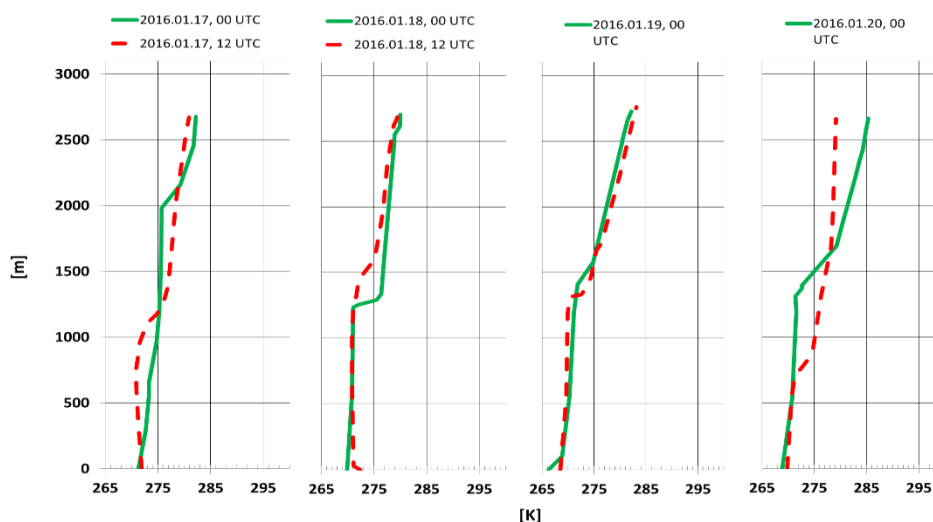
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniach 17-18.01.2016 r. wysokie stężenie PM10 rejestrowane były w Czechach w rejonie Czeskiego Cieszyna i Ostrawy. Stężenia przekraczające poziom epizodu rejestrowane były na 10-13 stacjach (w tym na 8-11 stacjach tła). Stężenia dobowe w tych dniach w Czechach dochodziły do $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Lutynia Dolna k. Ostrawy). W dniu 19.01.2016 r. przekroczenia zarejestrowano dodatkowo w zachodniej części Czech. Przekroczenia w tym rejonie Czech wystąpiły też w dniu następnym (20.01.2016 r.).



Rysunek 4.18-5. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 04-07.01.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostějov (Czechy, nr stacji: 11747).

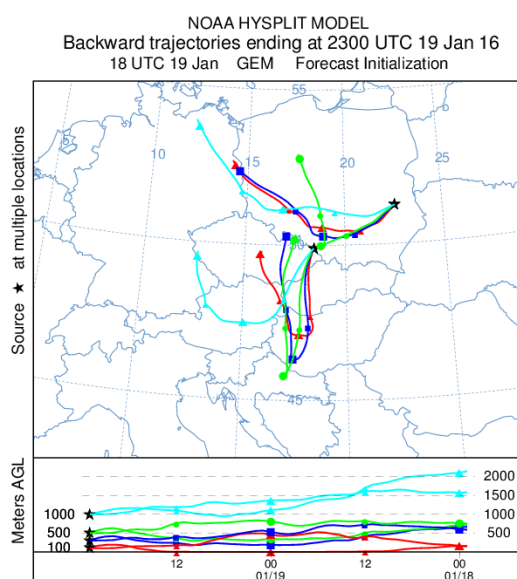


Rysunek 4.18-6. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostějovie w dniach 17-20.01.2016 r.

Wykresy temperatury potencjalnej wskazują, iż dla tego okresu równowaga atmosfery była mocno zmienna, dążąca do równowagi obojętnej. Pierwszego dnia tego epizodu w godzinach nocnych na wysokości od 1000 m do 2000 m występowała równowaga obojętna, na pozostałych wysokościach równowaga stała. Za dnia do wysokości około 750 m pojawiała się równowaga chwiejna, powyżej ponownie równowaga stała. Dwa kolejne dni były zbliżone, w

godzinach dziennych oraz nocnych od wysokości około 200 m do około 1250 m występowała równowaga obojętna, natomiast powyżej równowaga stała. Do wysokości 200 m występowały naprzemiennie równowaga stała i obojętna. Czwartego dnia w nocy do wysokości około 1350 m oraz za dnia do wysokości około 700 m można wyróżnić równowagę obojętną, natomiast na pozostałych wysokościach przeważała równowaga stała. We wszystkich dniach okresu widoczna jest inwersja wyżowa, oscylująca od około 1000 m do około 1500 m. Drugie i trzeciego dnia tego epizodu wystąpiła inwersja radiacyjna, dość płytka maksymalnie do 100 m. W trakcie epizodu różnica w temperaturze przy powierzchni ziemi w zależności od pory dnia była nieznaczna i wahała się od -6°C w nocy do -3°C za dnia.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.18-7. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 19 stycznia 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (19.01.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀. Były to Lublin (113 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Lutynia Dolna (141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w Czechach (k. Ostrawy).

W przypadku Lublina trajektorie dla wszystkich poziomów wskazują na napływ powietrza nad Lublin z południowego zachodu: z południowo-zachodniej części woj. lubelskiego, świętokrzyskiego, śląskiego, opolskiego, dolnośląskiego i lubuskiego. Trajektorie 500 m zaczyna się w woj. wielkopolskim i poprzez woj. łódzkie, śląskie i świętokrzyskie zmierza do Lublina.

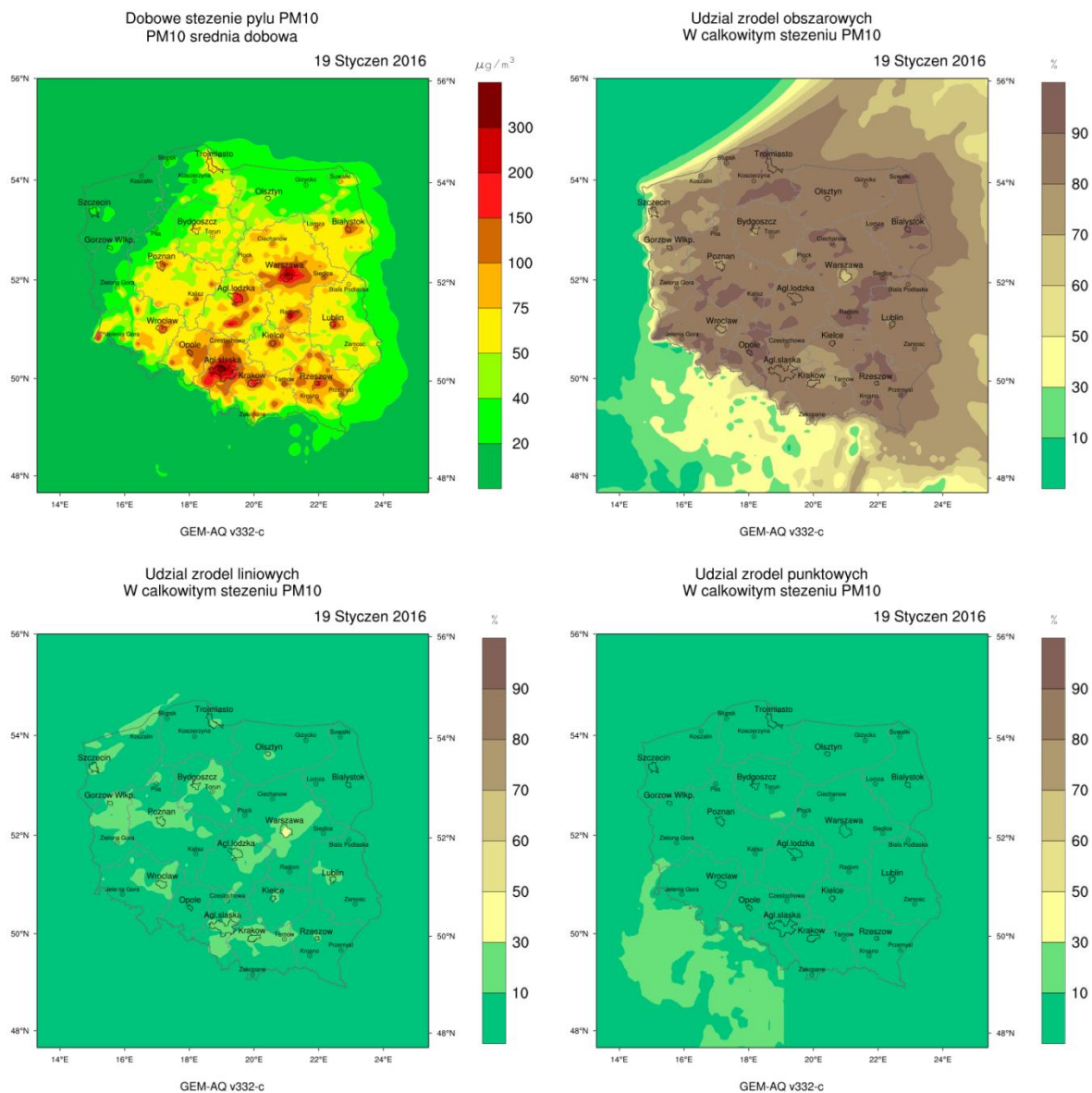
W przypadku Lutyni Dolnej trajektorie dla poziomów 300 i 500 m zaczynały się na pograniczu polsko-czeskim. Początkowo masy powietrza przesuwali się w kierunku południowym, a po jednej dobie, nad Węgrami, zawróciły w kierunku północnym. Do Lutyni Dolnej trajektorie te docierały od południa znad Czech i Słowacji. Trajektorie 100m i 1000 m zaczynające się nad Czechami również początkowo biegły w kierunku południowym i

południowo-wschodnim i po zmianie kierunku napływu w rejonie Austrii i Węgier docierały do Lutyni Dolnej od południa, przepływając podczas ostatniej doby nad wschodnią częścią Czech i nad Słowacją.

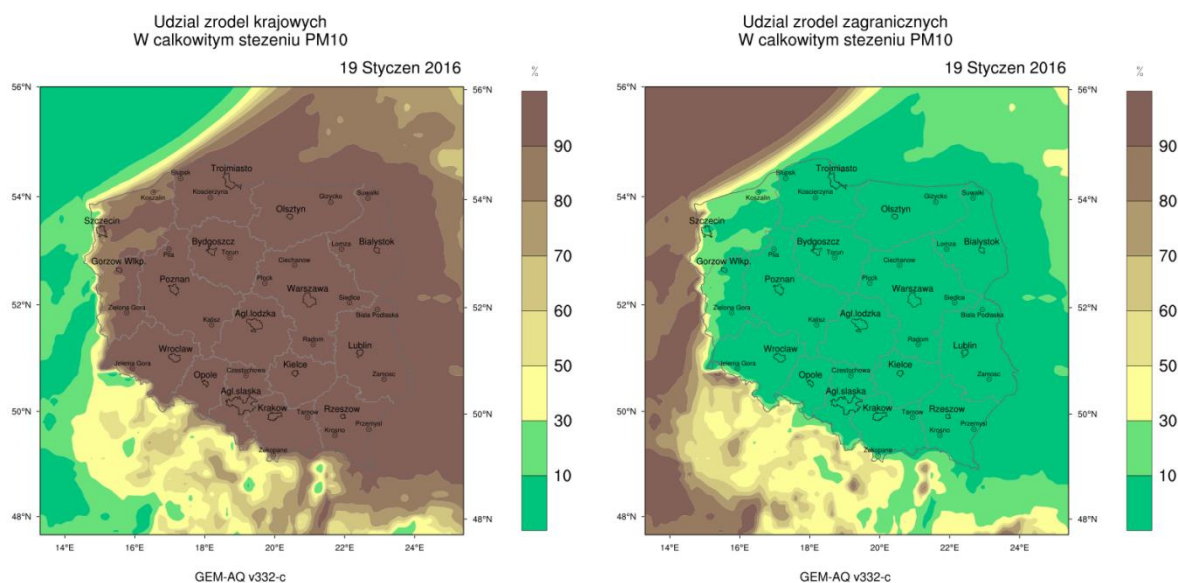
Przestrenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Przestrenny rozkład stężeń pyłu PM10 w dniu 19.01.2016 r. uzyskany na drodze modelowania matematycznego wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na terenie całego kraju, z wyjątkiem województwa lubuskiego, zachodniopomorskiego i warmińsko-mazurskiego. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A2 i A4 na odcinku Katowice-Tarnów i Legnica-Wrocław oraz dróg ekspresowych nr 5, nr 8 od Piotrkowa Trybunalskiego po Ostrów Mazowiecki i nr 10.

Wyniki modelowania wskazują na przeważający udział powierzchniowych źródeł emisji pyłu i jego prekursorów (60-90%, choć udział tej kategorii źródeł emisji to przeważnie 80%). Zarysowuje się również miejscowo zauważalny współudział źródeł liniowych (10-30%), zaznaczający się w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 5, nr 8 i nr 10 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonach, gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM10, był nieznaczny i nie przekraczał 10%, z wyjątkiem obszaru Kruszwicy i Żar, gdzie wpływ tej kategorii źródeł emisji osiągnął wartości do 30%.



Rysunek 4.18-8. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 19 stycznia 2016 r.



Rysunek 4.18-9. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 19 stycznia 2016 r.

O wysokości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski - przeważnie 90% udziału źródeł krajowych. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu pyłu PM10 na terenach położonych wzdłuż wszystkich granic kraju (od 30% do nawet 50% w pasie przygranicznym, lecz przeważnie do 10% udziału), choć w rejonach gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM10 był największy, z reguły stężenia PM10 nie były wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu PM10 na obszarze Czech i Słowacji (udział źródeł krajowych dla wymienionych obszarów na poziomie 50-70%) oraz Obwodu Kaliningradzkiego, południowej Litwy, a także zachodniej Ukrainy i Białorusi i północnej Rumunii, jak również południowo-wschodnich obszarów Bałtyku (wkład emisji ze źródeł polskich to 70-90%).

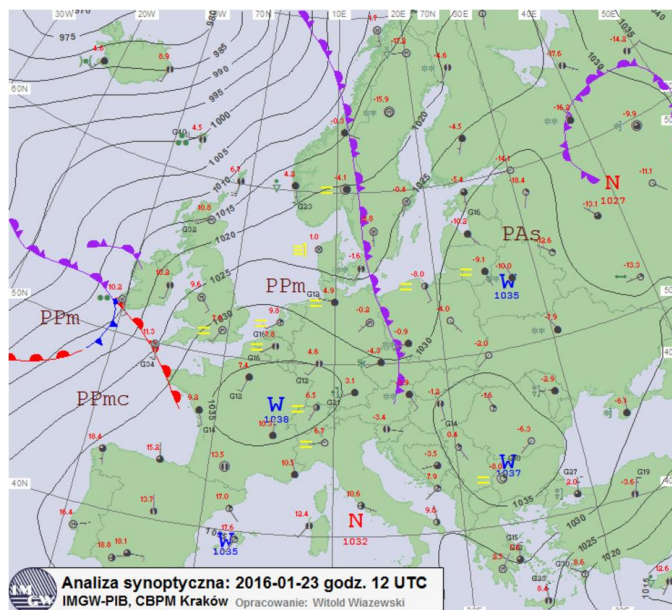
4.19. Epizod 19. Od 22do 24 stycznia 2016 r.

Epizod typu I

Sytuacja synoptyczna

W tym czasie Polska znajdowała się pod wpływem układu wyżowego rozciągającego się od obszaru Europy zachodniej, poprzez Bałkany, aż do Białorusi centralnej. Przesuwający się z zachodu front zokludowany spowodował wyparcie mas suchego i zimnego powietrza arktycznego starego na rzecz wchodzącego ciepłego i wilgotnego powietrza polarnego morskiego. Przejściu frontu towarzyszył wzrost temperatury powietrza oraz wystąpienie

opadów śniegu oraz deszczu, jak również całkowite przesłonięcie nieba chmurami. Temperatura od -8°C na północy do -1°C na południowym zachodzie, z tendencją do wzrostu po przejściu wspomnianego frontu. Zachmurzenie związane z przejściem frontu – od całkowitego na południowym zachodzie, poprzez umiarkowane na północy do bezchmurnego nieba w centrum oraz na wschodzie kraju. W północnej i zachodniej części Polski odnotowano umiarkowane zamglenia. Przewaga wiatrów południowo-wschodnich i południowo-zachodnich, od słabych po umiarkowane.



Rysunek 4.19-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 23 stycznia 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

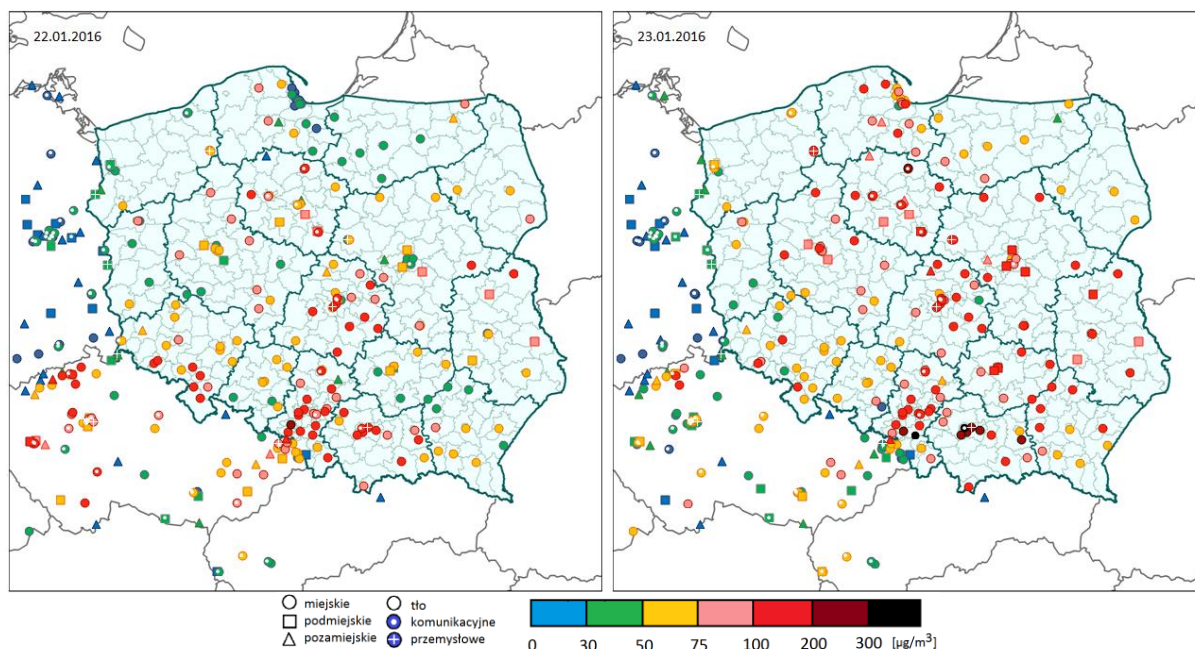
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Pierwszego dnia epizodu (22.01.2016 r.) najczęściej przypadków stężeń przewyższających poziom epizodu zarejestrowano na stacjach w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim (56 z 75 w kraju). Liczne przekroczenia wystąpiły też w woj. dolnośląskim, mazowieckim i wielkopolskim. Po jednym lub kilku przekroczeniach wystąpiło w dalszych 7 województwach (łącznie z woj. pomorskim i warmińsko-mazurskim). W Rybniku przekroczony został poziom informowania. W drugim, kulminacyjnym dniu epizodu, obszar występowania wysokich stężeń rozszerzył się na większość terytorium kraju (z wyłączeniem woj. podlaskiego, części warmińsko-mazurskiego i zachodniopomorskiego). Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 132 stanowiskach w Polsce. Na 78% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Oznacza to, że w tym dniu (23.01.2016 r.) spełnione były warunki określone dla epizodu I typu.

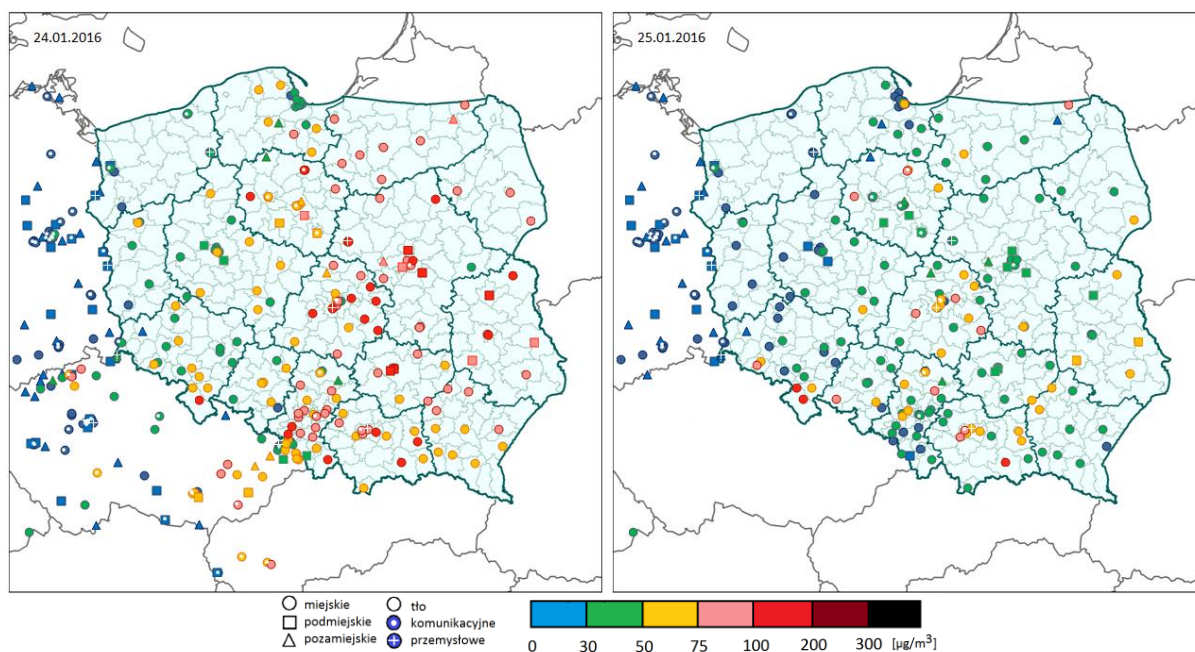
W trzecim dniu epizodu (24.01.2016 r.), poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był jeszcze na 83 stanowiskach w Polsce. Maksymalne stężenie 24-godz. PM₁₀ zarejestrowano w Nowym Sączu ($195 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wysokie stężenia notowane były nie tylko na Śląsku i w Małopolsce, ale również w centrum i na północnym wschodzie Polski. Na wszystkich stacjach w woj.

warmińsko-mazurskim i podlaskim stwierdzono w tym dniu przekroczenie poziomu epizodu. Sytuacja taka występuje bardzo rzadko.

Podczas trwania epizodu zanotowano 8 przypadków przekroczeń poziomu informowania (200 µg/m³), oraz 2 przekroczenia poziomu alarmowego (300 µg/m³).



Rysunek 4.19-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 22-23.01.2016 r.



Rysunek 4.19-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 24-25.01.2016 r.

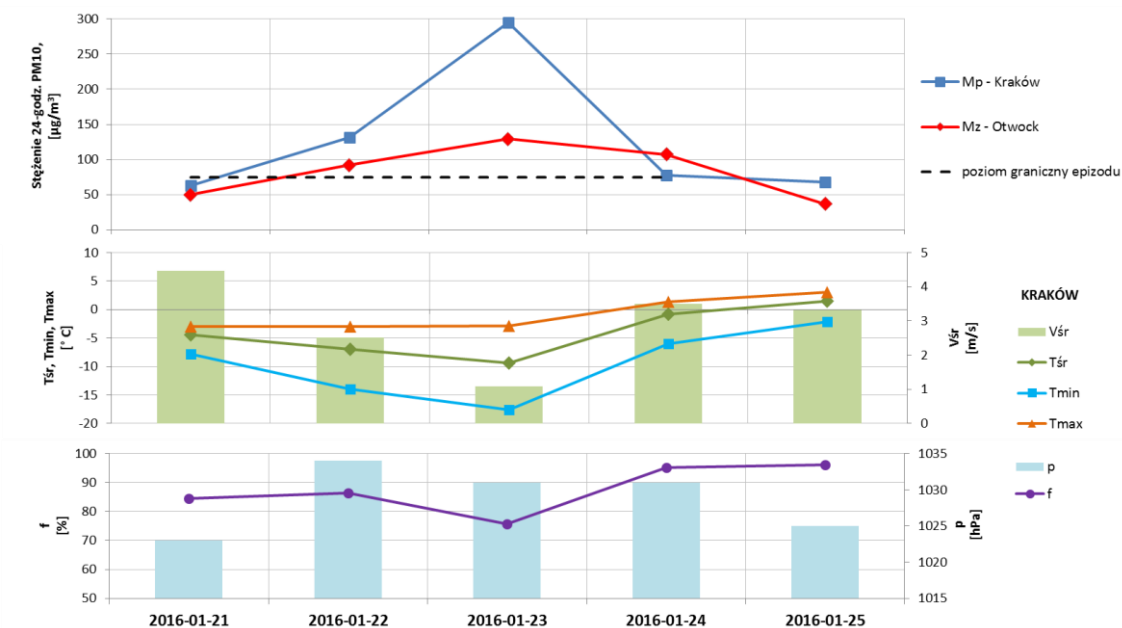
Jak wspomniano wyżej, kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 23.01.2016 r. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu układów wysokiego ciśnienia

obejmujących większość Europy. Na północnym-zachodzie zaznaczył się wpływ zokludowanego frontu atmosferycznego związanego z zatoką niżową niżu znad Islandii. W Polsce występowały zamglenia w ciągu całej doby. Wiatr był słaby z kierunków zmiennych i wschodnich do południa oraz zachodnich po południu. Temperatura powietrza wynosiła od -18 do -2 °C (Kraków). W tym dniu stężenia większe od 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach w Polsce. W 15 województwach, na 132 stacjach, stężenia przekraczały poziom epizodu (75 µg/m³). Wysokie stężenia występowały na większości terytorium kraju z wyłączeniem fragmentów północno-wschodnich i północno-zachodnich. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 92% stanowisk w Polsce, w tym na 93% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 78% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 67% stanowisk w kraju (w tym na wszystkich stanowiskach w woj. kujawsko-pomorskim, mazowieckim, świętokrzyskim i lubelskim), na 66% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 56% stanowisk pozamiejskich. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 79 stanowiskach w 12 województwach. Na 78% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Oznacza to, że w tym dniu spełnione były warunki określone dla epizodu I typu. Poziom informowania przekroczony był na 7 stanowiskach, w tym na 5 stanowiskach tła miejskiego w woj. śląskim i małopolskim. Na dwóch stacjach wystąpiło przekroczenie poziomu alarmowego – w Pszczynie (392 µg/m³) na stacji tła i w Krakowie (329 µg/m³) na stacji komunikacyjnej. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 102 µg/m³, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim i małopolskim – 150 µg/m³.

Tabela 4.19-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 22-24.01.2016 r.

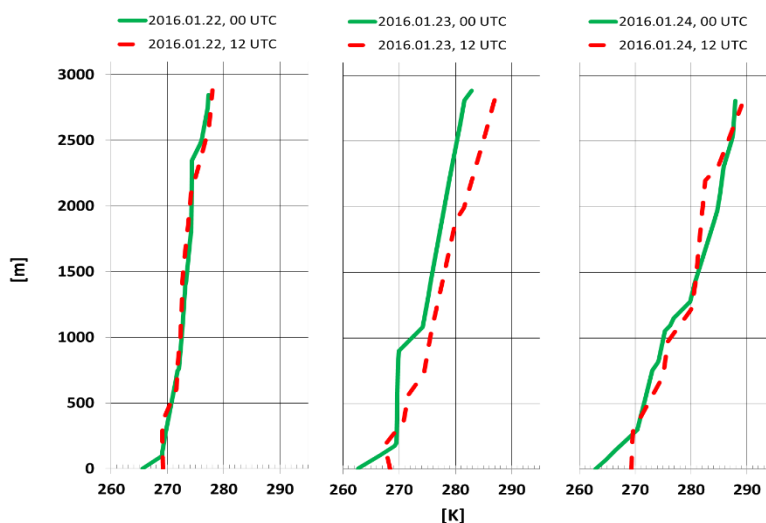
	Jedno -stka	22.01. 2016	23.01. 2016	24.01. 2016
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	71.9	101.7	69.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	70	92	73
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	38	67	42
% stanowisk z S24>S95	%	43	78	44
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	226	392	195
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	72.6	100.4	70.0
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	73	93	74
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	39	66	43
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	226	392	195
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	43.9	75.2	52.9
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	33	78	44
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	56	22
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	60	130	84
Stanowiska tła poza granicami Polski				

	Jedno -stka	22.01. 2016	23.01. 2016	24.01. 2016
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	17	6	3
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.19-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie-Balicach

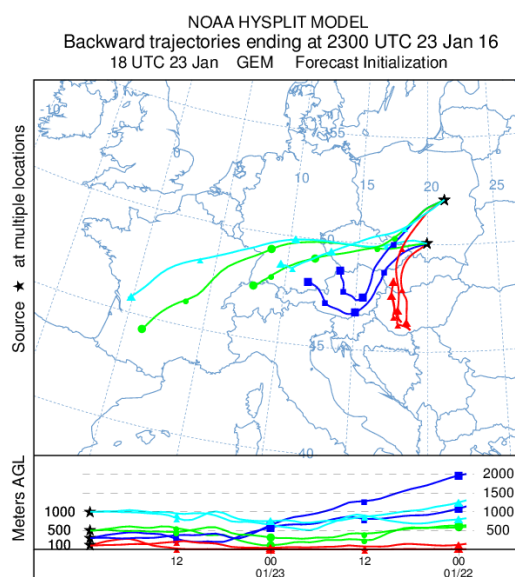
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 22-24.01.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, nr stacji: 12374).



Rysunek 4.19-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Legionowie w dniach 22-24.01.2016 r.

Analizując wykresy temperatury potencjalnej dla tego okresu widać, iż dla wszystkich dni epizodu, zarówno podczas dnia i nocy znacznie przeważała równowaga stała, z wyjątkiem pierwszego dnia tego epizodu do wysokości około 2100 m oraz trzeciego dnia do wysokości około 250 m, gdy równowaga może być rozpatrywana jako obojętna, natomiast dla drugiego dnia do wysokości około 200 m jako chwiejna. Wraz z rozwojem epizodu pojawiała się coraz silniejsza inwersja radiacyjna o grubości od około 100 m pierwszego dnia do około 300 m dnia ostatniego. Drugiego i trzeciego dnia tego okresu w warstwie granicznej występowała inwersja frontowa, związana z przejściem frontu zokludowanego. Temperatura w warstwie przyziemnej charakteryzowała się dość dużą zmiennością w zależności od pory dnia i wahała się od -11°C w nocy do -8°C za dnia.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.19-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 23 stycznia 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (23.01.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM10. Były to Kraków (295 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Otwock k. Warszawy (129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

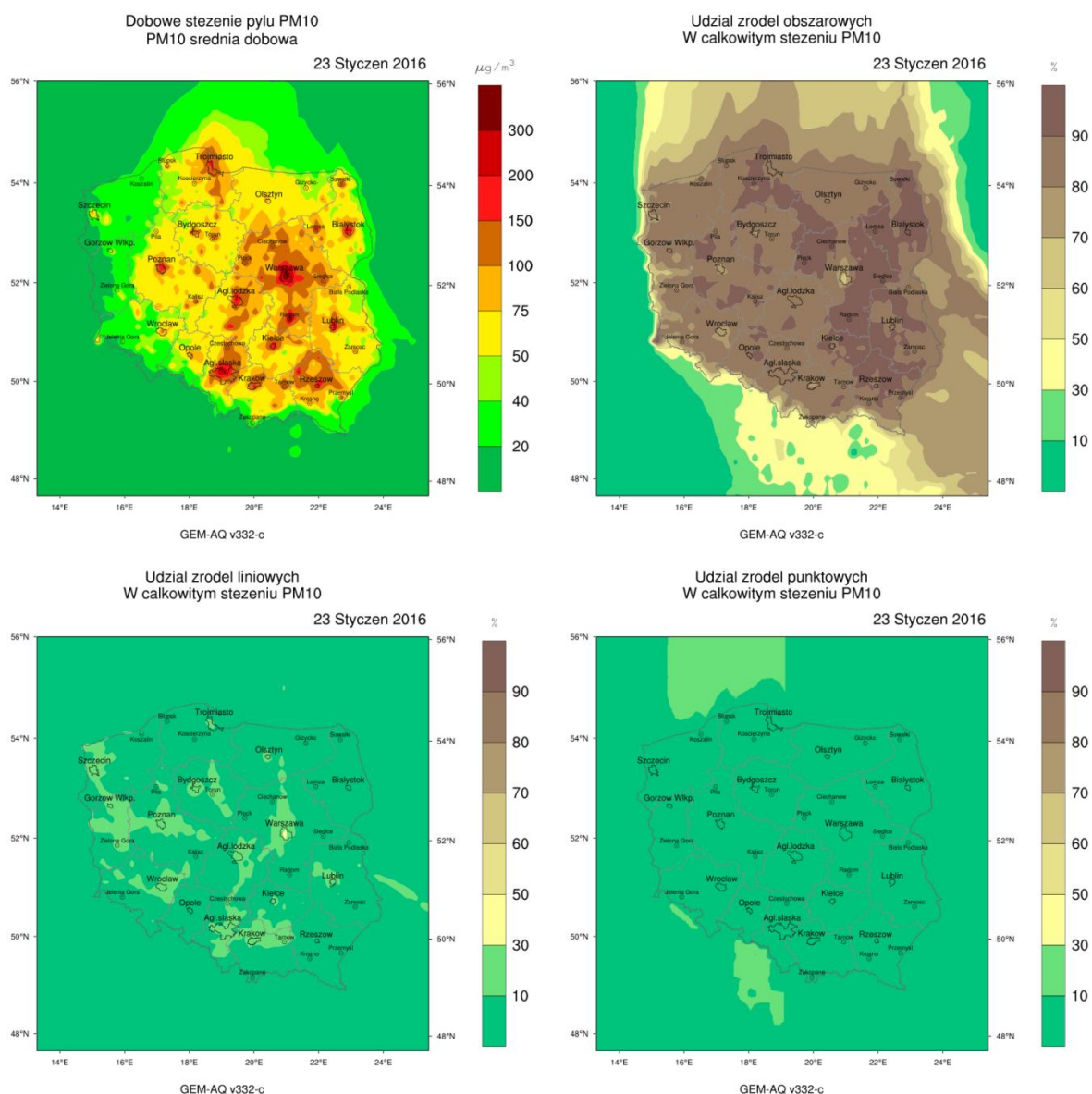
Początek trajektorii w większym stopniu zależał od wysokości trajektorii niż od punktu końcowego. Trajektorie dla 100 m rozpoczynały się na pograniczu Słowacji i Węgier i początkowo biegły w kierunku południowym. Po zmianie sytuacji barycznej, masy powietrza przesuwały się w kierunku północnym, docierając od południowego zachodu do Krakowa i Otwocka. Nad Kraków docierało powietrze znad południowo-zachodniej części woj. małopolskiego, woj. śląskiego, Słowacji i Węgier. Nad Otwock powietrze napływało znad woj. mazowieckiego, łódzkiego, śląskiego, Czech i Węgier.

Trajektorie dla poziomu 300 m zaczynały się na pograniczu Niemiec i Austrii i początkowo kierowały się na południowy wschód. W dniu 23.01.2016 kierunek napływu dla tego poziomu zmienił się na południowo-zachodni i z tego kierunku trajektorie docierały do

Otwocka i Krakowa. Trajektorie dla wyższych poziomów (500 i 1000 m) rozpoczynały się w zachodniej części Niemiec i we Francji i podążały w kierunku Otwocka i Krakowa z południowego zachodu i zachodu bez istotnej zmiany kierunku.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

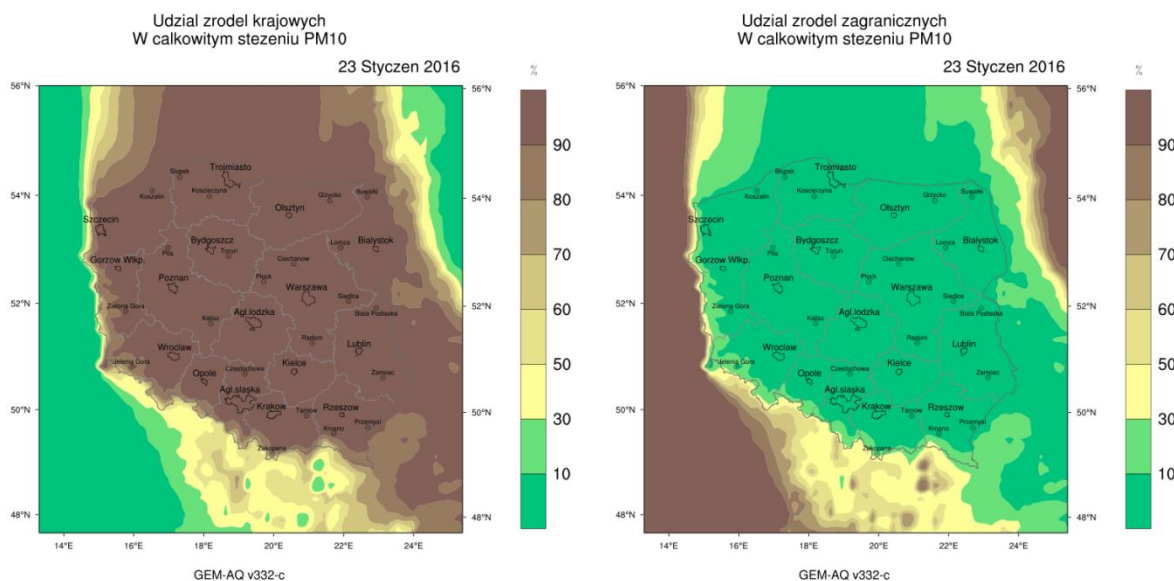
Wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy modelu matematycznego dla dnia 23.01.2016 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń PM10 w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu we wszystkich województwach z wyłączeniem niemal całego województwa zachodniopomorskiego, lubuskiego i dolnośląskiego, choć warto zauważyć, iż na terenie tych województw występują niewielkie obszary wysokich stężeń PM10, jak np. Wrocław czy Szczecin oraz w ich bezpośrednim otoczeniu.



Rysunek 4.19-7. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 23 stycznia 2016 r.

Wyniki modelowania pozwalają zobrazować znaczną różnicę w dobowym stężeniu pyłu PM₁₀ pomiędzy zachodnią częścią Polski, a jej wschodnim obszarem. Obliczenia ukazują również podwyższone stężenia PM₁₀ wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1, A2 i A4 oraz dróg ekspresowych nr 1, nr 7 i nr 8.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80-90% wartości stężenia dobowego, choć warto nadmienić, iż rozkład przestrzenny nie jest równomierny). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 60-90%. Procentowy udział źródeł liniowych nie był wysoki – przeważnie 10-30% i miał on miejsce przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 7 i nr 10 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach, gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀, był nieduży i nie przekraczał 10%.



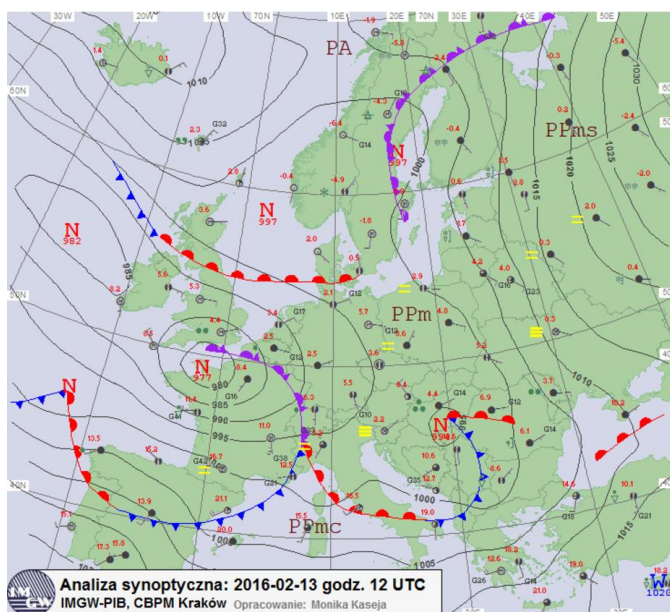
Rysunek 4.19-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 23 stycznia 2016 r.

O wysokiej wartości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (udział przeważnie na poziomie 90%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju był niewielki i osiągał wartości maksymalnie do 10%, z wyjątkiem pasa przygranicznego, gdzie osiągał wartości do 50%. Polskie źródła emisji mogły mieć pewien wpływ na poziom stężenia pyłu na obszarze Czech północno-wschodnich i Słowacji (50-80%) oraz znacznie większy na terenie Obwodu Kaliningradzkiego, południowej Litwy, a także zachodniej Ukrainy i Białorusi, ale i też południowej części Bałtyku (70-90%).

4.20. Epizod 20. Od 13 do 15 lutego 2016 r.

Sytuacja synoptyczna

W trakcie epizodu obszar Polski trafił w zasięg świeżo uformowanego nad Morzem Cielickim niżu atlantyckiego. Na obszarze kraju zalegały masy powietrza polarnego morskiego, które ostatniego dnia analizowanego okresu zostały wyparte na północ w związku z nadejściem od południa frontu ciepłego. Temperatura na obszarze Polski kształtowała się na poziomie 4-5°C, z tendencją do wzrostu o 2-3°C w związku z przejściem wspomnianego frontu. Podczas analizowanego okresu w całym kraju wystąpiło zachmurzenie duże lub całkowite. Na północy i południowym zachodzie odnotowano umiarkowane zamglenie, a na wschodzie opad deszczu. Przeważały słabe i umiarkowane wiatry z północnego zachodu, południowego wschodu i północnego wschodu.

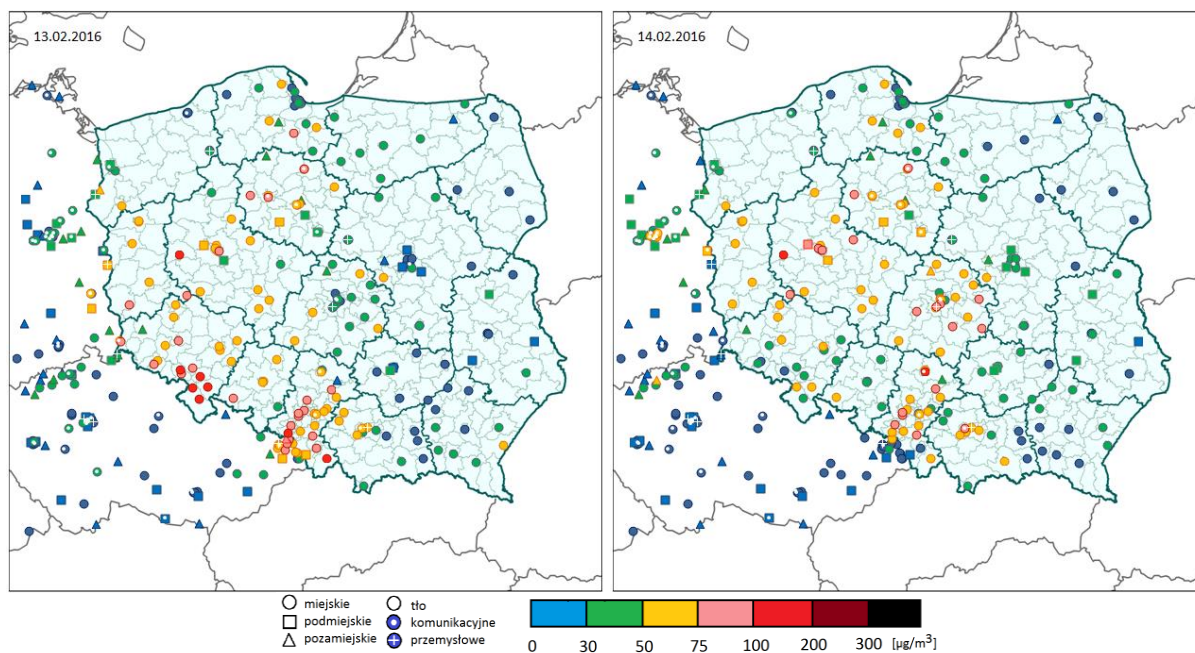


Rysunek 4.20-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 13 lutego 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

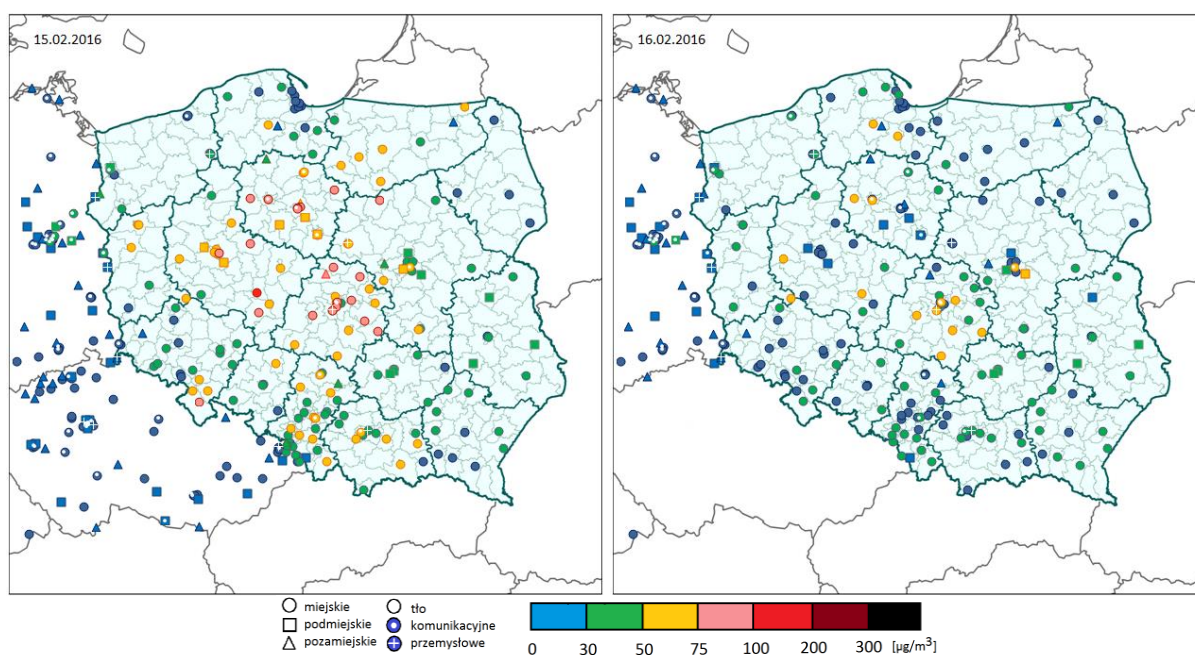
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Pierwszego dnia epizodu (13.02.2016 r.) podwyższone i wysokie stężenia pyłu PM₁₀ notowane były w zachodniej połowie kraju. Przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły głównie w woj. śląskim i dolnośląskim, w sumie na 22 stacjach. W drugim dniu, po kilka przekroczeń poziomu 75 µg/m³ notowano nadal w woj. śląskim, ale także w woj. łódzkim i wielkopolskim. W trzecim dniu epizodu (15.02.2016 r.), poziom epizodu przekroczony był na 22 stacjach, głównie w centrum kraju.

Podczas trwania epizodu nie wystąpiły przekroczenia poziomów informowania i alarmu. Maksymalne stężenia PM₁₀ w kraju nie przekroczyły 160 µg/m³.



Rysunek 4.20-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 13-14.02.2016 r.



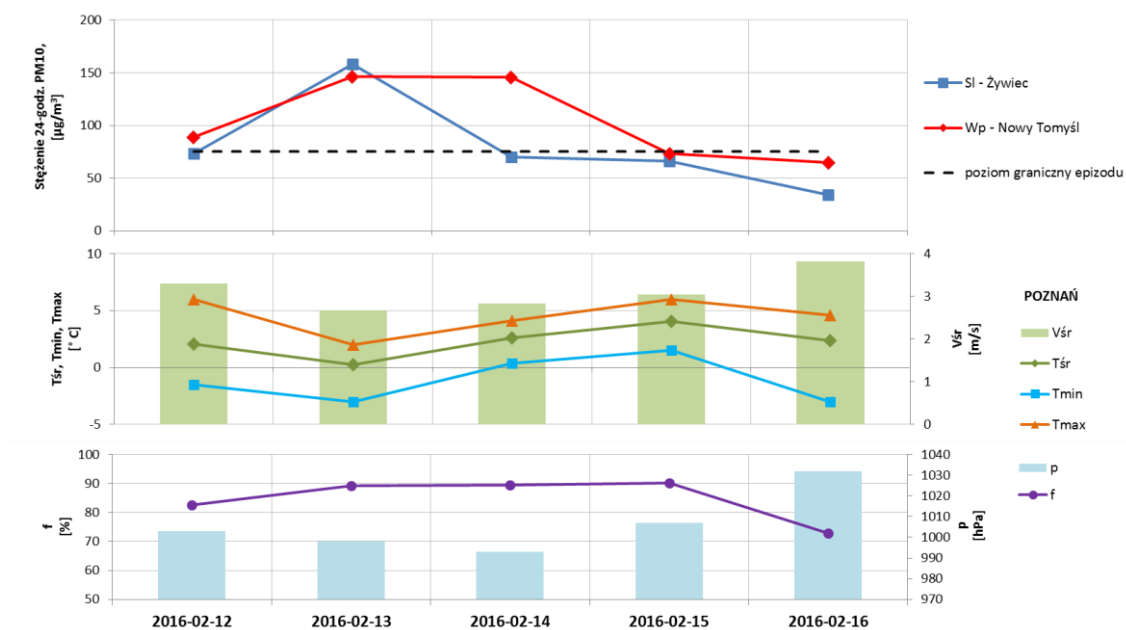
Rysunek 4.20-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 15-16.02.2016 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 13.02.2016 r. (rys. 4.20-2). W tym dniu Polska znajdowała się na skraju wyżu znad Rosji, w obszarze o niskim poziomym gradiencie ciśnienia atmosferycznego. W Polsce występowały mgły i zamglenia w ciągu całej doby. Wiatr był słaby z kierunków wschodnich. Temperatura powietrza wynosiła od -2 do +2 °C (Poznań). W tym dniu podwyższone (pomiędzy 50 a 75 µg/m³) i wysokie (większe od 75 µg/m³) stężenia PM₁₀ występowały w zachodniej połowie terytorium Polski. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 44% stanowisk w Polsce, w tym na 47% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 11% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom

75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 15% stanowisk w kraju, na 16% stanowisk tła miejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenia wyższe od 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 8 stanowiskach w 3 województwach. Na 14% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Maksymalne dla kraju stężenie S24 PM10 zanotowano w Żywcu (158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

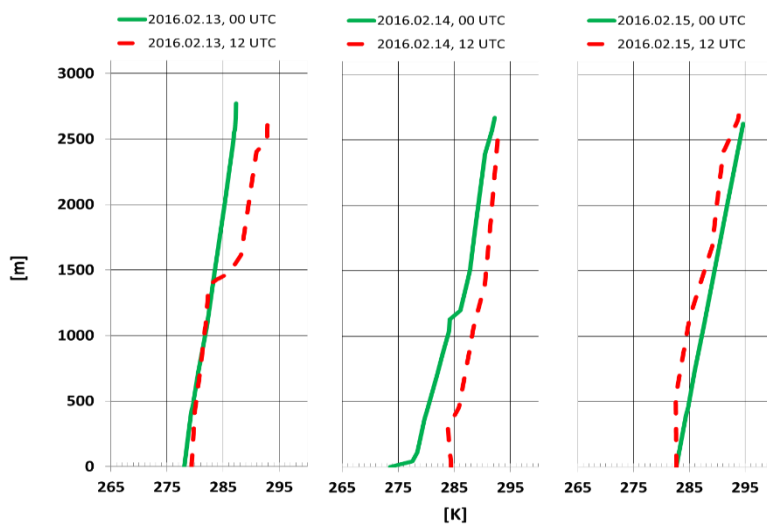
Tabela 4.20-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 13-15.02.2016 r.

	Jedno -stka	13.02.2016	14.02.2016	15.02.2016
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50.6	48.7	48.4
% stanowisk z S24>50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	44	44	42
% stanowisk z S24>75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	15	11	11
% stanowisk z S24>S95	%	14	13	17
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	158	146	103
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	51.4	48.3	48.1
% stanowisk z S24>50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	47	44	40
% stanowisk z S24>75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	16	11	11
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	158	146	103
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	36.2	37.4	37.9
% stanowisk z S24>50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	11	22
% stanowisk z S24>75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	11
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	56	54	76
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z S24>75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	3	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.20-4. Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Poznaniu

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 13-15.02.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

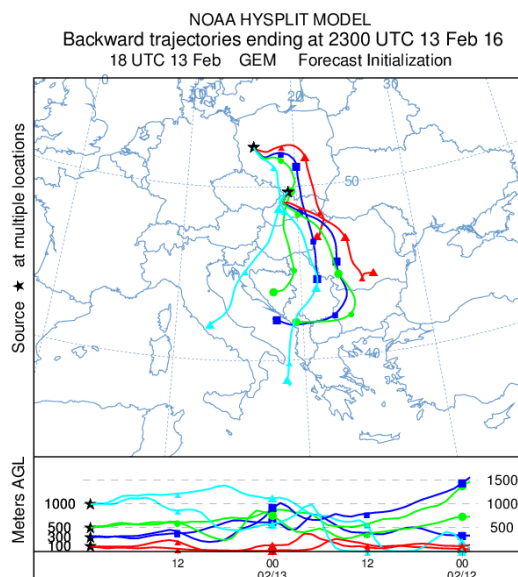


Rysunek 4.20-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejovie w dniach 13-15.02.2016 r.

Na podstawie wykresów temperatury potencjalnej można zauważyć, iż dla tego okresu przeważała równowaga stała. Wyjątek stanowi warstwa przyziemna pierwszego dnia, do wysokości około 500 m oraz powyżej 2500 m, gdzie występowała równowaga obojętna. Pierwszego i drugiego dnia tego okresu można zauważyć delikatną inwersję wyżową, natomiast drugiego dnia inwersję radiacyjną. Różnica pomiędzy temperaturą dzienną i nocną była

nieznaczna pierwszego i ostatniego dnia tego epizodu, duża różnica w zależności od pory dnia pojawiła się dnia drugiego.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.20-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 13 lutego 2016 r.

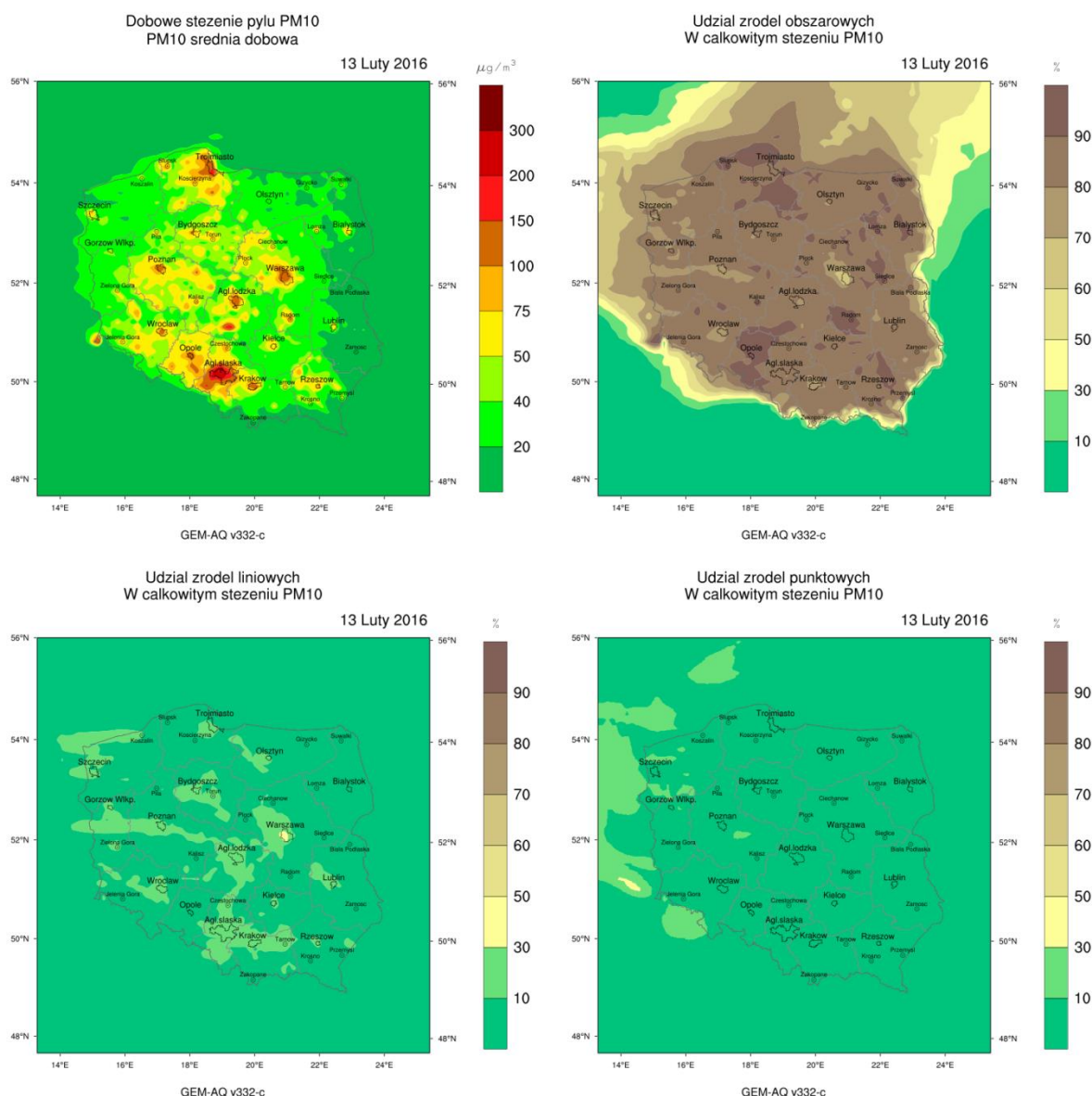
Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (13.02.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀. Były to Żywiec (158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim i Nowy Tomyśl (146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. wielkopolskim.

Powietrze docierające do Nowego Tomyśla przez ostatnią dobę przepływało nad Polską. Trajektorie dla 100 i 300 m docierały do punktu końcowego od południowego wschodu i wschodu, przepływając nad woj. wielkopolskim, łódzkim, świętokrzyskim i małopolskim, a wcześniej nad Słowacją i Węgrami. Trajektorie dla wyższych poziomów rozpoczynały się na południu Europy i poprzez kraje bałkańskie, Węgry i Słowację docierały do Polski, by następnie ponad woj. śląskim, łódzkim i wielkopolskim dotrzeć od południowego wschodu do Nowego Tomyśla.

Nad Żywiec napływało powietrze z południowego zachodu, z rejonu pogranicza Czech i Słowacji. W ciągu ostatnich 12 godzin trajektorie dla 100 i 300 m miały niewielkie przyrosty, co wskazuje na małą prędkość wiatru na wysokościach tych trajektorii. Trajektorie dla 100 m rozpoczynały się na terenie Rumunii, nad jej terenem przemieszczała się więcej niż dobę. Następnie trajektoria prowadzi na północny zachód ponad Węgrami i Słowacją. Przed dotarciem do Czech trajektoria skręca na północny wschód i prowadzi do Żywca. Trajektorie dla wyższych poziomów rozpoczynały się w rejonie Adriatyku i poprzez kraje bałkańskie, Węgry i Słowację prowadziły do Żywca.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

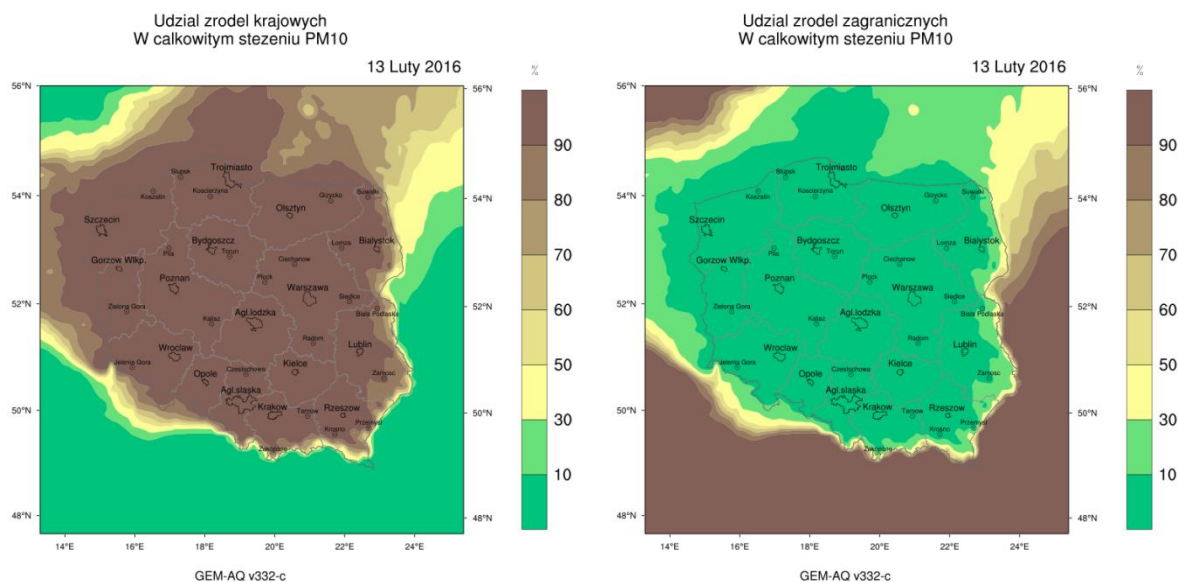
Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 13.02.2016 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w centrum, na południu i północy Polski, warto jednak zauważyć, iż na obszarach, gdzie nie stwierdzono wysokich stężeń tego zanieczyszczenia pojawiają się "wyspy" gdzie stężenie PM10 było wysokie, przeważnie na terenie większych miast, takich jak Szczecin, Lublin czy Białystok. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku Łódź-Katowice, A2 i A4 oraz drogi ekspresowej nr 1.



Rysunek 4.20-7. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 13 lutego 2016 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych

głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 90% wartości stężenia dobowego, przeciętnie 70-80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany był na 60-90%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1 oraz autostrada A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki i nie przekraczał 10%, z wyjątkiem zachodniej części województwa zachodniopomorskiego, gdzie miejscowo udział tej kategorii źródeł emisji dochodził do 30%.



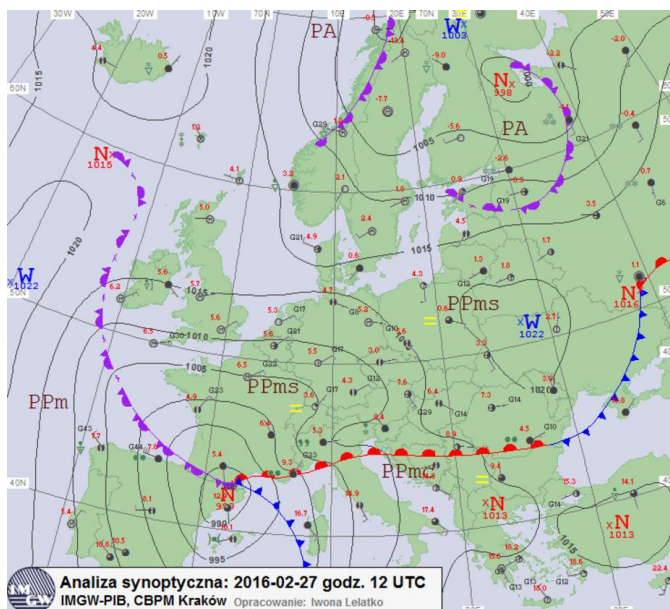
Rysunek 4.20-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 13 lutego 2016 r.

O wysokości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu ze źródeł krajowych. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na terenie całego kraju, który nie był jednak znaczny i przeciętnie osiągał wartość do 10% z wyjątkiem wschodnich rubieży województwa podlaskiego, lubelskiego oraz podkarpackiego, jak również południowego i wschodniego pasa przygranicznego, gdzie udział z tych źródeł dochodził do 30-50%. W rejonach, gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM10 był największy, z reguły stężenia PM10 nie były wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego, południowej Litwy, północno-zachodniej Białorusi oraz południowej części Bałtyku - powyżej 60%, nawet do 90% oraz w ograniczonym stopniu na terenie Niemiec wschodnich.

4.21. Epizod 21. Od 25 do 28 lutego 2016 r.

Sytuacja synoptyczna

W tym okresie Polska znajdowała się pod wpływem słabnącego oddziaływania wyżu z centrum zlokalizowanym nad obszarem północno-zachodniej Ukrainy, który stopniowo odchodził w kierunku północno-wschodnim. Przez wszystkie rozpatrywane dni na obszarze kraju zalegały masy chłodnego powietrza polarnego morskiego starego. Do południowej granicy kraju zbliżał się front ciepły, który dotarł do niej ostatniego dnia analizowanego okresu, przynosząc ciepłe i wilgotne powietrze polarne morskie znad basenu Morza Adriatyckiego, jak również wzrost temperatury i całkowite zachmurzenie. Przeciętnie na obszarze kraju utrzymywała się temperatura od 0°C w centrum do 6°C w jego południowo-zachodniej części. W początkowym okresie wystąpił przelotny opad deszczu ze śniegiem w całej Polsce; w kolejnych dniach brak opadu. Zachmurzenie było przeważnie umiarkowane i duże, zwłaszcza w centrum. Dominował wiatr umiarkowany z południa i południowego zachodu.



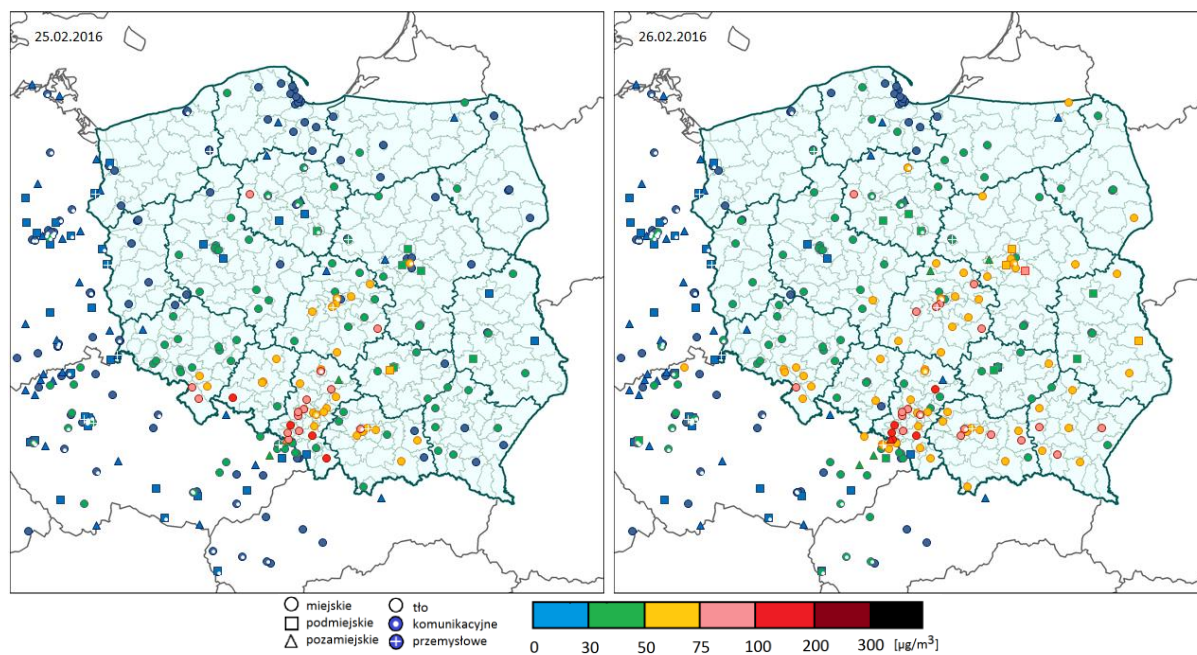
Rysunek 4.21-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 27 lutego 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

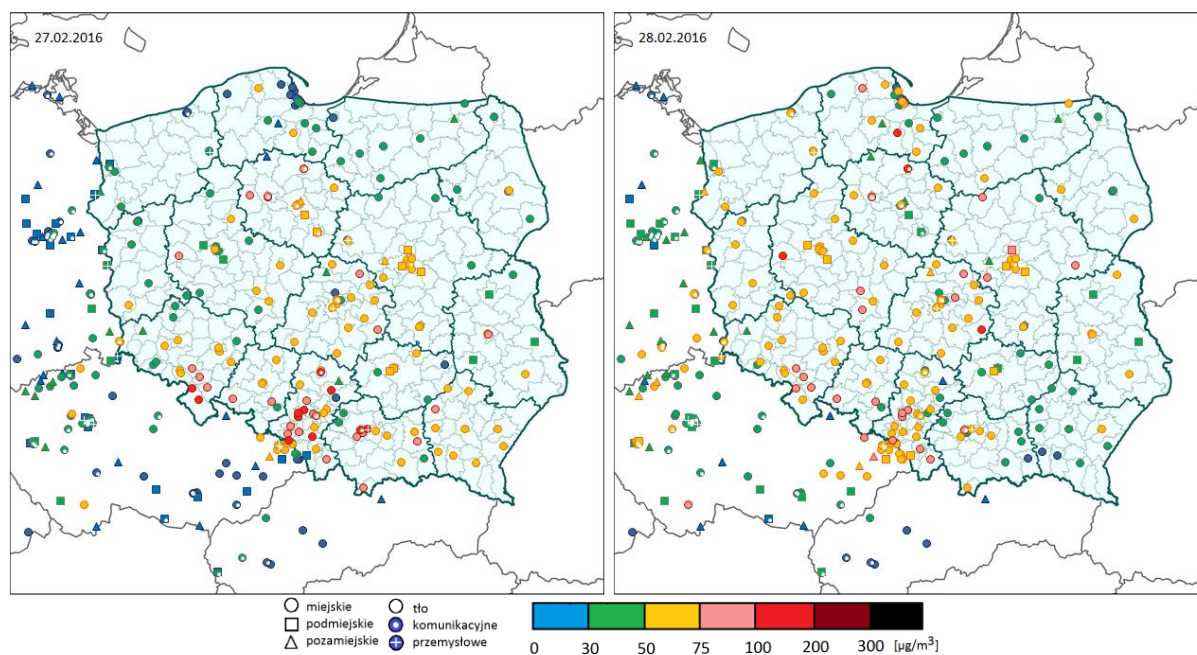
W dniu 25.02.2016 r. wysokie stężenia PM₁₀ zarejestrowano na kilkunastu stacjach w woj. śląskim oraz na pojedynczych stacjach w dalszych 4 województwach. W sumie przekroczenie poziomu epizodu wystąpiło na 18 stacjach w Polsce. W następnym dniu (26.02.2016 r.) podwyższone i wysokie stężenia pyłu występowały głównie w południowo-wschodniej ćwiartce terytorium kraju. Poziom epizodu został przekroczony na 25 stacjach w 7 województwach, przy czym najwięcej przekroczeń miało miejsce w woj. śląskim. Liczne przekroczenia wystąpiły też w woj. łódzkim i małopolskim. W trzecim, kulminacyjnym dniu epizodu (27.02.2016 r.) podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ pojawiły się dodatkowo w woj. dolnośląskim, kujawsko-pomorskim i wielkopolskim. Przekroczenia poziomu epizodu

zarejestrowano na 36 stacjach w kraju. W kolejnym dniu (28.02.2016 r.) zmalała liczba przekroczeń poziomu epizodu, aczkolwiek przekroczenia te występowały aż w 9 województwach (w sumie na 27 stacjach), począwszy o woj. pomorskiego po woj. dolnośląskie, opolskie, śląskie i małopolskie.

Podczas trwania epizodu nie wystąpiły przekroczenia poziomów informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i alarmu ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Maksymalne stężenia PM10 w kraju nie przekroczyły $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.21-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 25-26.02.2016 r.



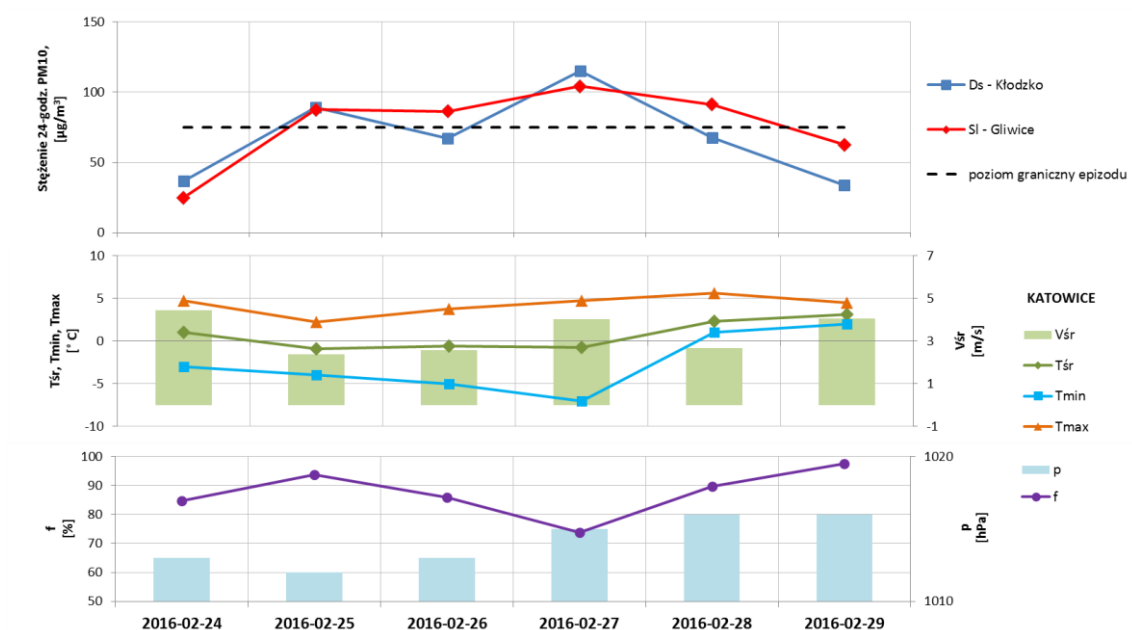
Rysunek 4.21-3. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 27-28.02.2016 r.

Jak zaznaczono wyżej, kulminacja epizodu wysokich stężeń PM10 miała miejsce w dniu 27.02.2016 r. (rys. 4.21-3). W tym dniu Polska znajdowała się w centrum wyżu obejmującego Europę Centralną. W Polsce w nocy i nad ranem występowały zamglenia. Wiatr był słaby i umiarkowany z kierunków wschodnich. Temperatura powietrza wynosiła od -5 do 4 °C. (Katowice). W tym dniu stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 58% stanowisk w Polsce, w tym na 59% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 22% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 18% stanowisk w kraju (w tym 58% stanowisk w woj. śląskim), na 17% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały 75 µg/m³. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 11 stanowiskach w 3 województwach (śląskie, dolnośląskie, małopolskie). Na 15% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 56 µg/m³, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim – 76 µg/m³.

Maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Godowie w woj. śląskim – 121 µg/m³.

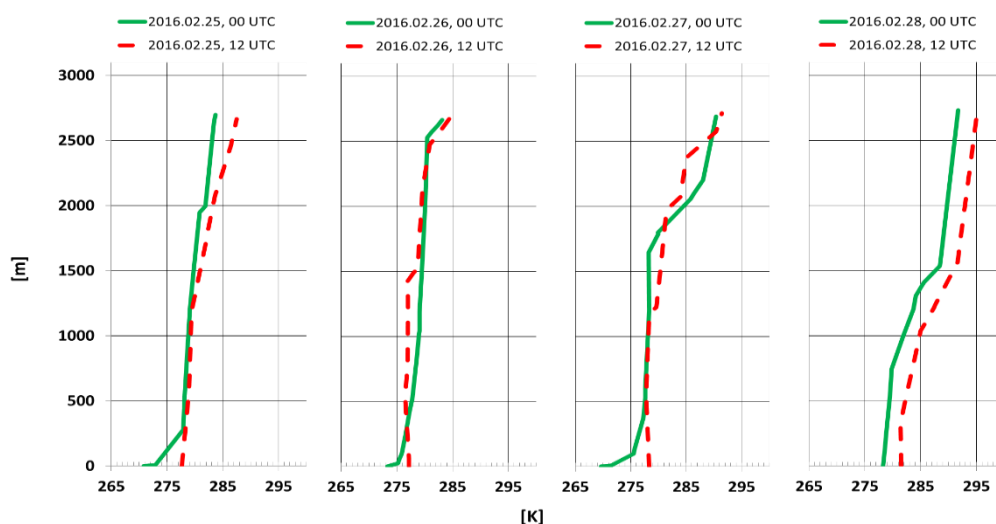
Tabela 4.21-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 25-27.02.2016 r.

	Jedno -stka	25.02. 2016	26.02. 2016	27.02. 2016	28.02. 2016
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	39.7	48.9	56.4	57.0
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	24	41	58	66
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	9	13	18	14
% stanowisk z S24>S95	%	2	7	15	23
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	112	128	121	123
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	40.5	50.2	56.4	57.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	24	43	59	67
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	9	13	17	14
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	112	128	121	123
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	18.3	25.9	39.2	41.0
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	0	22	22
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	38	46	56	63
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	0	1	0	3
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0



Rysunek 4.21-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 25-28.02.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

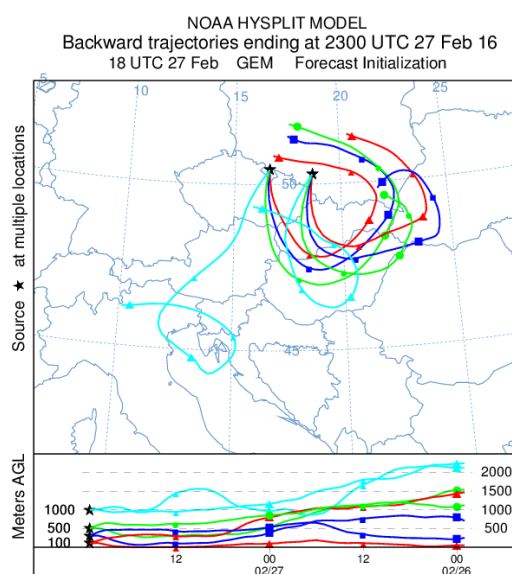


Rysunek 4.21-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Prostejovie w dniach 25-28.02.2016 r.

Wykresy temperatury potencjalnej ukazują, iż dla rozpatrywanego okresu przeważała równowaga stała, a od podanej tendencji odbiegały głównie niżej zlokalizowane warstwy. Pierwszego dnia epizodu dla godzin dziennych, i do wysokości około 1250 m można wskazać

równowagę obojętną, podobnie drugiego dnia od wysokości 500 m do wys. około 1400 m, trzeciego dnia zarówno w godzinach nocnych jak i dziennych od wys. 500 m do 1100 m jak również dnia czwartego, do wys. około 400 m. Przez pierwsze trzy dni tego epizodu występowała inwersja radiacyjna o grubości przeciętnie 350-400 m. W trakcie wszystkich dni występowała inwersja wyżowa, oscylująca na wysokościach 1500-2000 m, najlepiej widoczna trzeciego dnia epizodu. Temperatura przy gruncie wykazywała tendencję do wzrostu, zwłaszcza ostatniego dnia tego okresu i wahała się przeciętnie od -3°C w nocy do 5°C w dzień.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.21-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 27 lutego 2016 r.

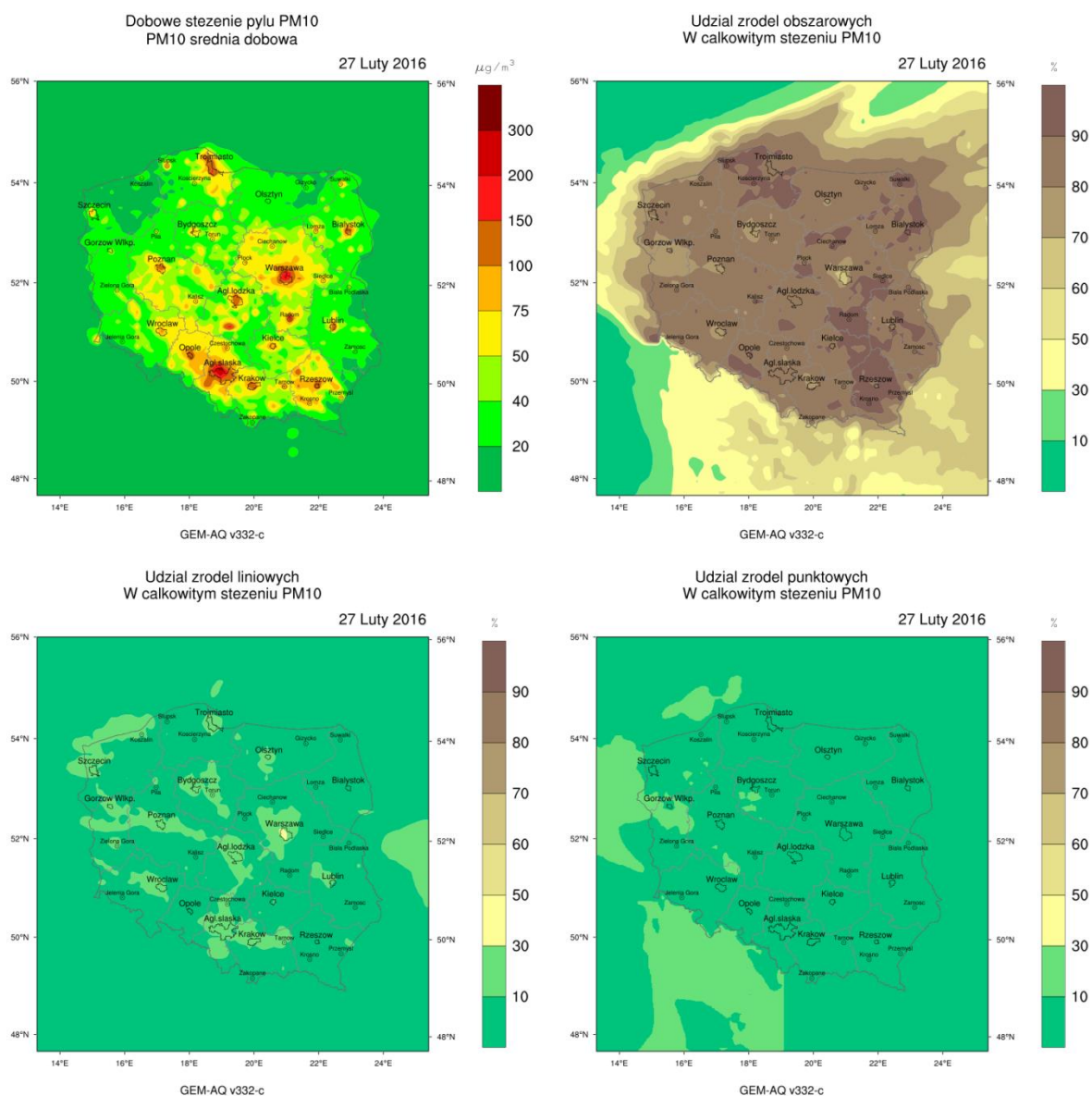
Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (27.02.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀. Były to Kłodzko (131 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. dolnośląskim i Gliwice (90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim.

Wszystkie trajektorie wsteczne dla 27.02.2016 r. są prawoskrętne. Dla poziomów 100, 300 i 500 m zaczynają się na terenie Polski i kierują się początkowo na południowy wschód, potem w pobliżu granic Polski skręcają na południe i przechodzą nad Ukrainą, Słowacją. Po kolejnym stopniowym skręcie w prawo, kierują się na zachód nad Węgrami, po czym zawracają na północ poprzez Słowację i Austrię w kierunku Polski. Do punktów końcowych trajektorie docierają z kierunku południowego znad terenu Czech.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM₁₀ w dniu 27.02.2016 r. uzyskany na drodze modelowania matematycznego wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w centrum oraz na południu kraju, jak również w rejonie trójmiasta. Obliczenia pokazują też podwyższone

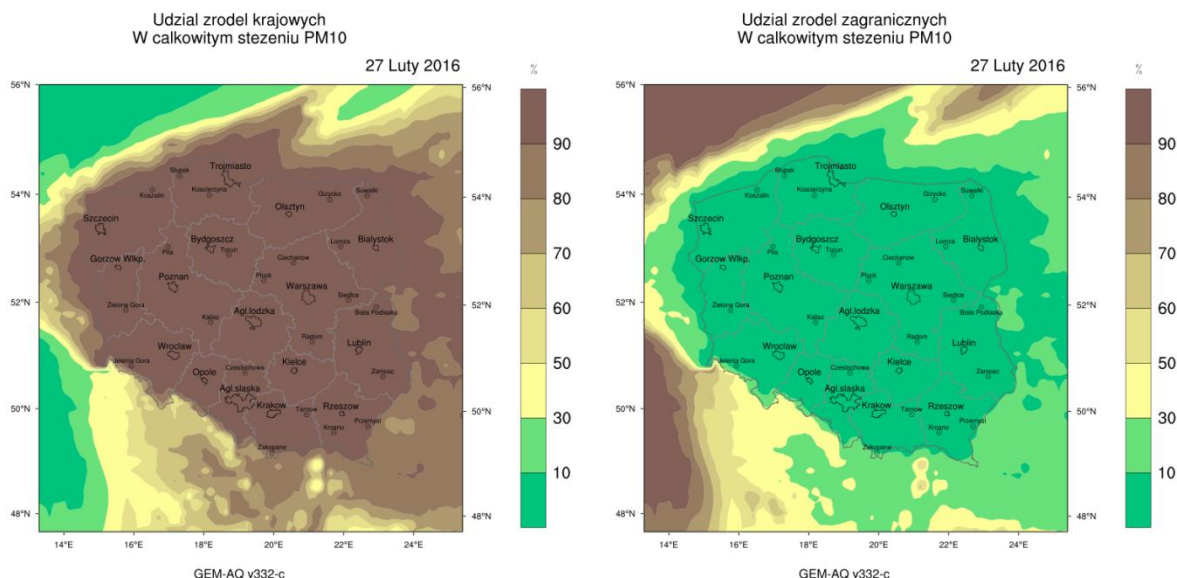
stężenia PM₁₀ wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 od Grudziądza do Kutna, A2 i A4 na odcinku Wrocław-Tarnów oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8.



Rysunek 4.21-7. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 27 lutego 2016 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80-90% wartości stężenia dobowego, choć warto wskazać, iż rozkład przestrzenny nie jest równomierny i udział procentowy tej kategorii był wyższy przeciętnie o około 10% dla wschodniej części kraju). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany był na 60-90%. Procentowy udział źródeł liniowych nie był wysoki – przeważnie 10-30% i miał on miejsce przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z

najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀ był nieduży i nie przekraczał 10%, z wyjątkiem okolic Gorzowa Wielkopolskiego, Bydgoszczy oraz Krotoszyna, gdzie udział tej kategorii źródeł emisji dochodził do 30%.



Rysunek 4.21-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 27 lutego 2016 r.

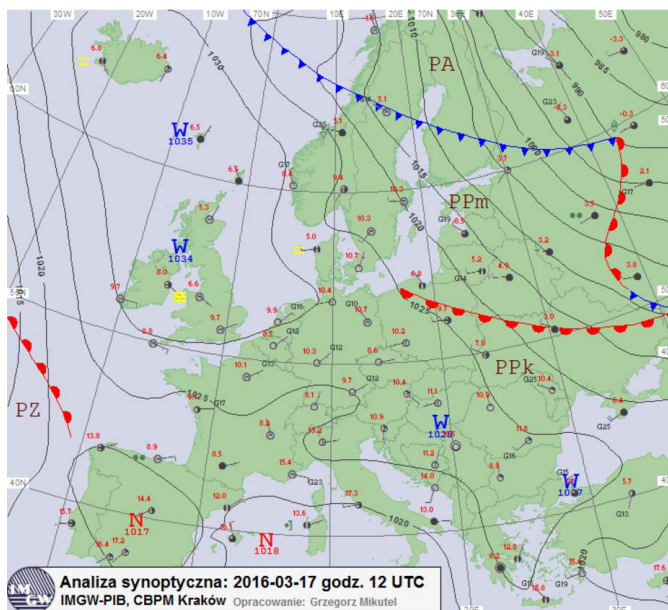
O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu ze źródeł krajowych. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na terenie całego kraju, który nie był jednak znaczny i przeciętnie osiągał wartość do 10% z wyjątkiem południowo-zachodniego pasa przygranicznego, gdzie udział z tych źródeł dochodził do 30-50%. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego, południowej Litwy, zachodniej Białorusi i Ukrainy, a także południowo-wschodniej części Bałtyku (60-90%) oraz w ograniczonym stopniu na terenie Czech i Słowacji (50-70%).

4.22. Epizod 22. Od 16 do 18 marca 2016 r.

Sytuacja synoptyczna

Dla Polski okres ten to przede wszystkim stały wpływ rozbudowanego układu wysokiego ciśnienia z rozległym centrum nad obszarem Islandii i Wielkiej Brytanii. Od granicy północno-wschodniej przez teren kraju przechodził ciepły front spychający na południowy wschód zimne masy powietrza polarnego kontynentalnego na rzecz nadchodzącego z północy przed frontem

chłodnym powietrza polarnego morskiego. Wymiana ta przyniosła zauważalny wzrost temperatury względem pierwszego dnia analizowanego okresu. Występowała temperatura od 7°C w północnej części kraju do 10°C w centrum i na południowym zachodzie. W okresie tym nie wystąpił opad ani zamglenia. Zachmurzenie było przeważnie małe bądź umiarkowane. Ostatniego dnia tego okresu nastąpił wzrost zachmurzenia do dużego związany z przechodzącym od północnego-wschodu frontem chłodnym. Dominował wiatr słaby i umiarkowany z południowego zachodu oraz północnego zachodu.

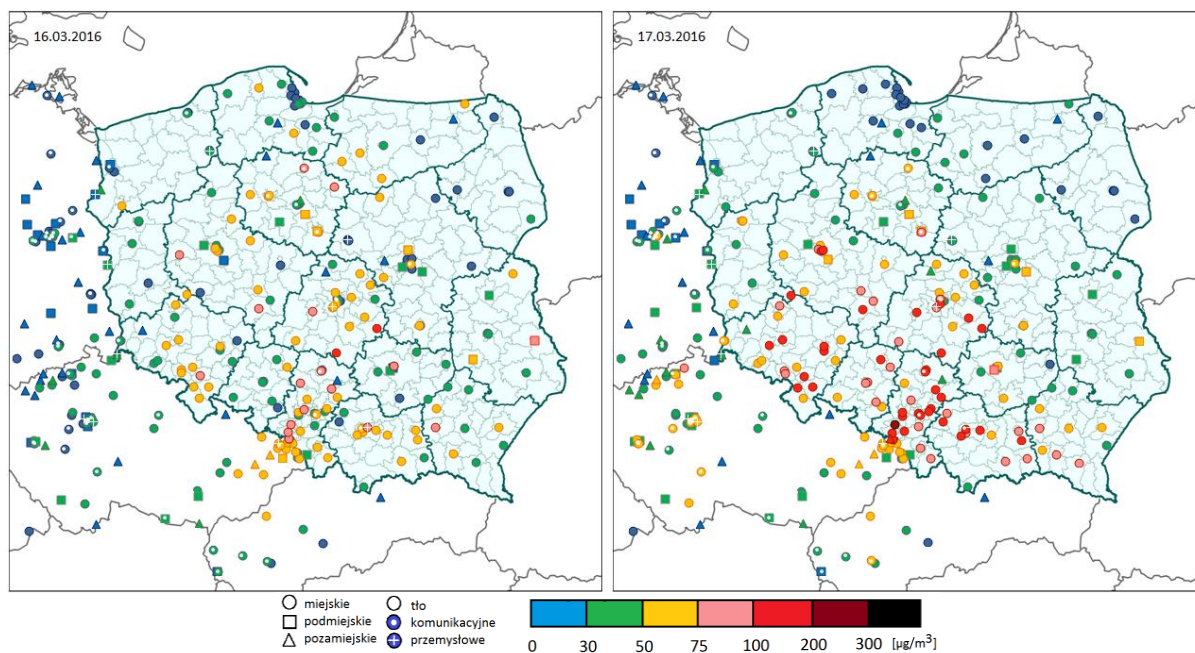


Rysunek 4.22-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 17 marca 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

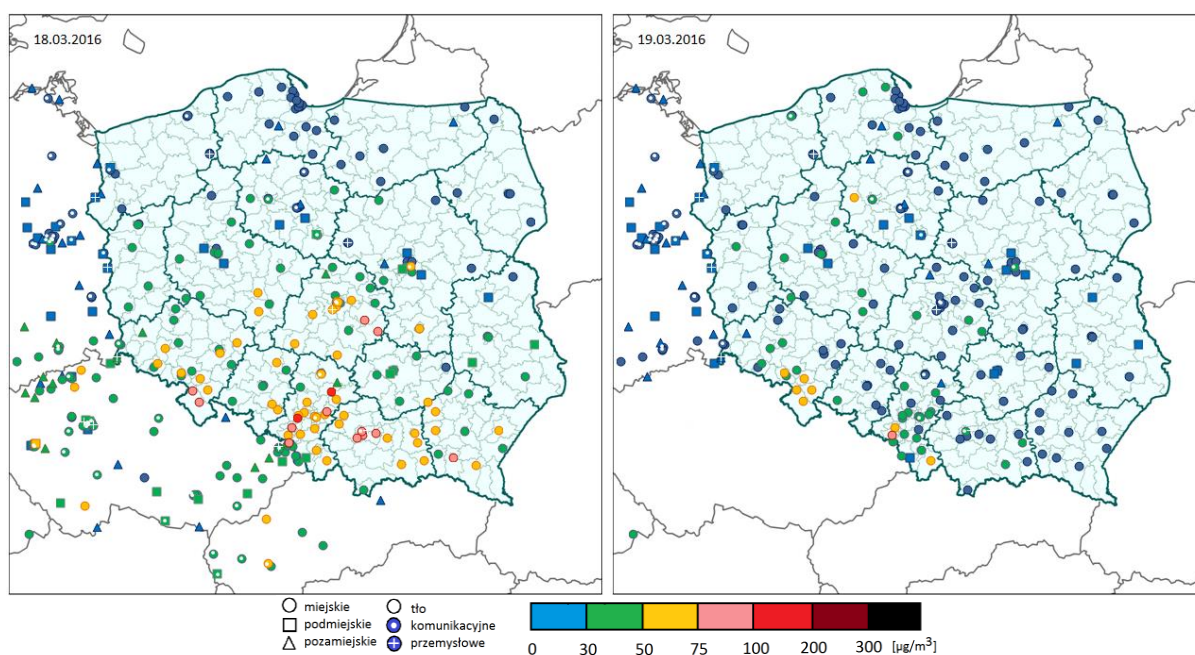
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W dniu 16.03.2016 r. podwyższone stężenia PM₁₀ (większe od 50 µg/m³) notowane były we wszystkich województwach z wyjątkiem podlaskiego i lubuskiego. Wysokie stężenia PM₁₀ (większe od 75 µg/m³) zarejestrowano na kilku stacjach w woj. śląskim i łódzkim oraz na 1-2 stacjach w dalszych 7 województwach. Przekroczenie poziomu epizodu wystąpiło na 19 stacjach w Polsce. W następnym dniu (17.03.2016 r.) wysokie stężenia pyłu wystąpiły w centrum i na południu kraju – w sumie na 63 stacjach. Najwięcej przekroczeń miało miejsce w woj. śląskim. Liczne przekroczenia wystąpiły też w woj. małopolskim, opolskim, dolnośląskim i łódzkim. W dniu 18.03.2016 r. podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w woj. łódzkim i województwach położonych wzdłuż południowej granicy Polski. Stężenia wyższe od poziomu epizodu wystąpiły na 14 stacjach w 5 województwach, najwięcej w woj. śląskim i małopolskim.

Podczas trwania epizodu zanotowano jeden przypadek przekroczenia poziomu informowania (Rybnik). Nie wystąpiły przekroczenia poziomu alarmowego (300 µg/m³).



Rysunek 4.22-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 16-17.03.2016 r.



Rysunek 4.22-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 18-19.03.2016 r.

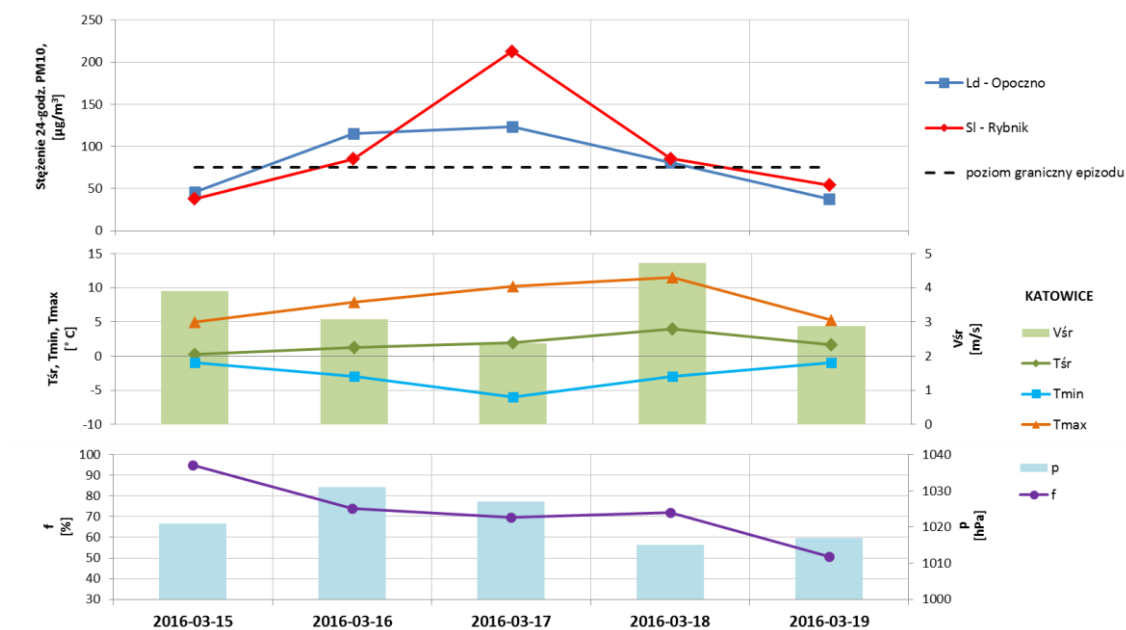
Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 17.03.2016 r. (rys. 4.22-2). W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu klina wyżowego znad Wielkiej Brytanii i Islandii. Nad północno-wschodnim krańcem Polski przemieszczał się ciepły front atmosferyczny. W południowej części kraju w nocy i nad ranem występowały zamglenia. W tym czasie wiatr był słaby z kierunków zmiennych, okresowo panowała cisza. Począwszy od godzin przedpołudniowych wiatr był słaby i umiarkowany z kierunków zachodnich, było pogodnie. Temperatura powietrza wynosiła od -4 do 10 °C. (Katowice). Takie warunki meteorologiczne sprzyjały powstawaniu nocą i utrzymywaniu się w ciągu części dnia inwersji

temperatury w dolnej warstwie atmosfery. Emisja zanieczyszczeń z niskich kominów i komunikacji samochodowej powodowała kumulację zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowanie wysokich stężeń PM10. W tym dniu stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 54% stanowisk w Polsce, w tym na 57% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały 50 µg/m³. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 32% stanowisk w kraju (w tym 82% stanowisk w woj. śląskim), na 34% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 36 stanowiskach w 7 województwach, najwięcej w woj. śląskim. Na 32% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 64 µg/m³, a stężenie uśrednione dla wszystkich stanowisk w woj. śląskim – 114 µg/m³.

Jak wspomniano wyżej, maksymalne stężenie dobowe zarejestrowano na stacji w Rybniku w woj. śląskim – 213 µg/m³. Był to jedyny przypadek przekroczenia poziomu informowania w kraju.

Tabela 4.22-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 16-18.03.2016 r.

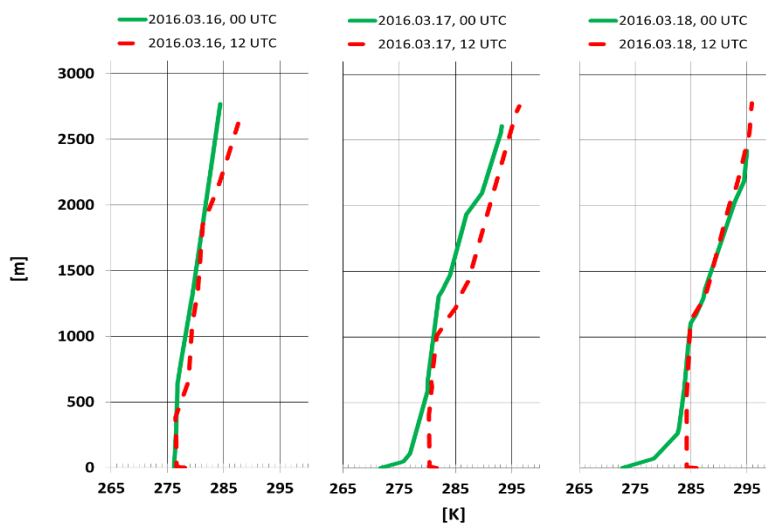
	Jedno -stka	16.03.2016	17.03.2016	18.03.2016
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	47.2	63.6	41.6
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	43	54	31
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	10	32	7
% stanowisk z S24>S95	%	4	32	2
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	137	213	113
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	47.9	64.8	42.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	43	57	32
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	9	34	7
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	137	213	113
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	21.9	30.1	23.7
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	0	0
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	40	43	40
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	0	2	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.22-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

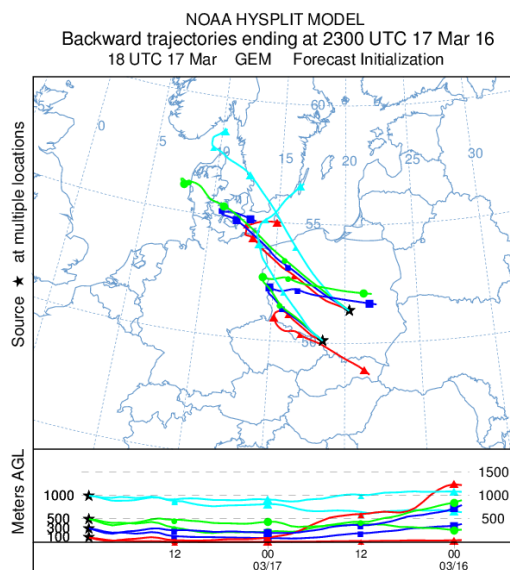
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 16-18.03.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

Dla tego epizodu, na podstawie wykresów temperatury potencjalnej można wnioskować o dominacji równowagi stałej. Dla każdego dnia można wskazać, iż do wysokości maksymalnie 100 m za dnia występowała równowaga chwiejna, natomiast do wysokości około 1000 m równowaga obojętna. Drugiego i trzeciego dnia tego epizodu zauważalna jest znacząca radiacyjna inwersja przyziemna o grubości do około 600 m. Na wysokości między 1000 m, a 2000 m widoczna jest frontowa inwersja związana przede wszystkim z przechodzącym w tym czasie frontem ciepłym. Temperatura przy powierzchni ziemi nie ulegała znaczącej zmianie w czasie trwania epizodu i zawierała się przeciętnie pomiędzy 0°C w nocy i 10°C za dnia.



Rysunek 4.22-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejowie w dniach 16-18.03.2016 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.22-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 17 marca 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (17.03.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀. Były to Opoczno (123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. łódzkim i Rybnik (213 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim.

W przeciągu 48 godzin, dla których zostały obliczone trajektorie wsteczne, nastąpiło odwrócenie kierunku napływu powietrza dla trajektorii 100 i 300 m. Początkowo trajektorie kierowały się w kierunku północno-zachodnim, a po kilkunastu godzinach zmieniły kierunek na południowo-wschodni. W rezultacie trajektoria 100 m do Rybnika prowadziła głównie wzdłuż granicy polsko-czeskiej, nad rejonem Ostrawy, Sudetami, woj. opolskim i dolnośląskim. Trajektorie dla 300 i 500 m rozpoczynały się w woj. mazowieckim i prowadziły

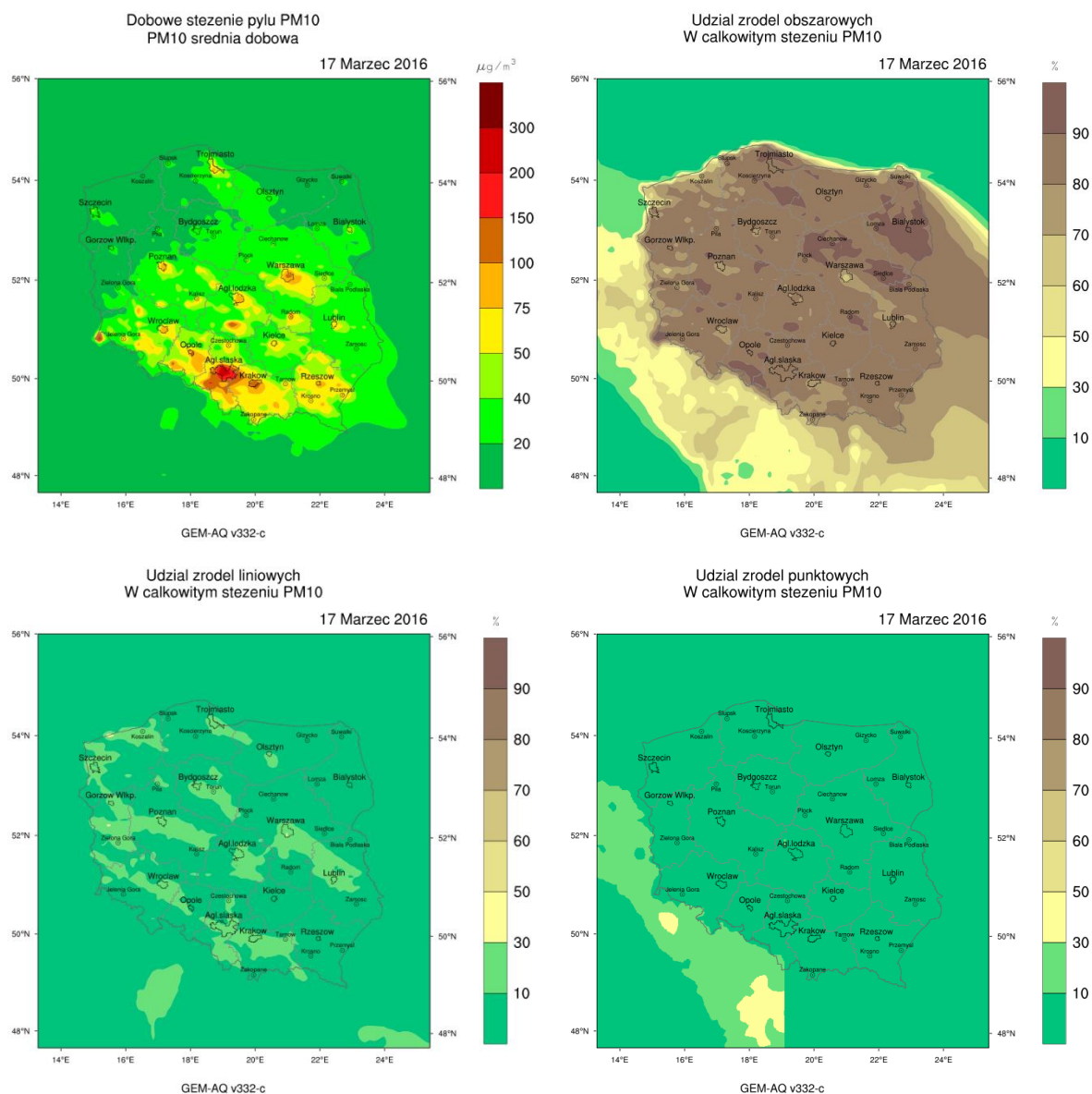
na zachód w kierunku granicy z Niemcami, gdzie zwracały na południowy wschód i ponad woj. dolnośląskim, opolskim i śląskim docierały do Rybnika.

Trajektorie dla Opoczna rozpoczynały się w zachodniej części Bałtyku i w rejonie cieśnin duńskich i następnie kierowały się na południowy wschód, prowadząc nad woj. zachodniopomorskim, wielkopolskim i łódzkim docierały od północnego zachodu do Opoczna.

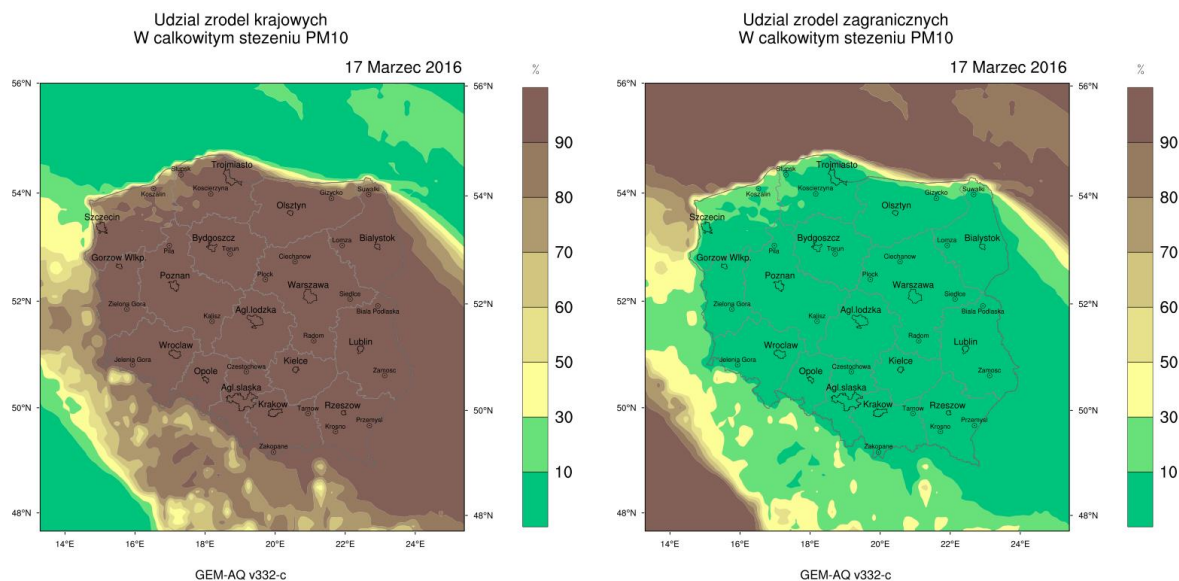
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 17.03.2016 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu przede wszystkim na południu Polski, można jednak dostrzec, iż obszary gdzie stężenie pyłu PM10 było wysokie pojawiają się również w centrum i w zachodniej części kraju (Warszawa, Łódź czy Poznań) oraz na Pomorzu (Trójmiasto). Obliczenia wskazują też na podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku Łódź-Katowice i A4 oraz drogi ekspresowej nr 1.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 90% wartości stężenia dobowego, choć przeciętnie jest to udział na poziomie 70-80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany był na 80-90%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1 oraz autostrada A1 i A4), jak również na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10, gdzie ta kategoria źródeł emisji osiągnęła analogiczne wartości procentowe. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.22-7. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 17 marca 2016 r.



Rysunek 4.22-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 17 marca 2016 r.

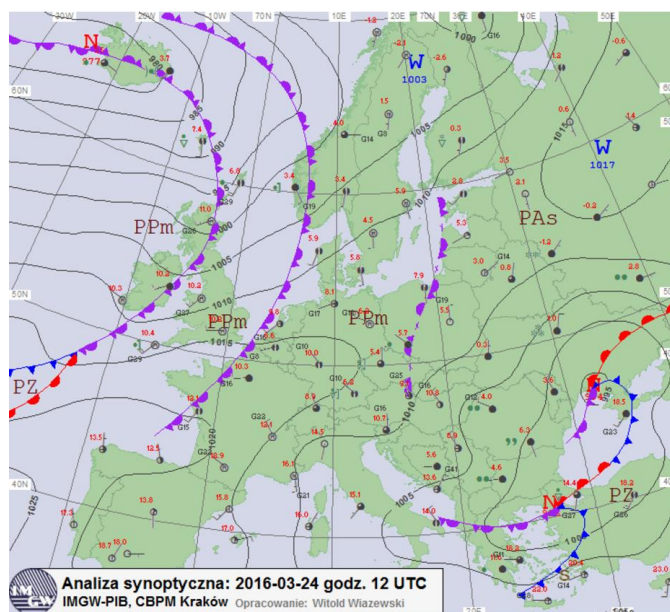
O wysokiej wartości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (udział źródeł krajowych przeważnie na poziomie 80-90%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju był niewielki i osiągał wartości maksymalnie do 10%, z wyjątkiem północnej części województwa zachodniopomorskiego i północno-zachodniej części województwa pomorskiego oraz zachodniego i południowo-zachodniego pasa przygranicznego, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%). Polskie źródła emisji mogły mieć pewien wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Czech i Słowacji (60-90%) oraz znacznie większy na terenie południowo-zachodniej Białorusi, zachodniej Ukrainy, jak również północnej Rumunii i północno-zachodniej Mołdawii (70-90%).

4.23. Epizod 23. Od 23 do 25 marca 2016 r.

Sytuacja synoptyczna

W tym czasie Polska znajdowała się pod słabnącym wpływem odchodzącego na wschód układu niżowego z centrum zlokalizowanym nad zachodnią częścią basenu Morza Czarnego, na rzecz niżu znad Islandii. Przez obszar kraju od północnego-zachodu przetaczał się świeżo utworzony nad granicą polsko-niemiecką front zokludowany, za którym napływały cieplejsze masy powietrza polarnego morskiego. Temperatura wynosiła od 0°C w południowo-wschodniej części kraju do 8°C na północy, z tendencją wzrostową po przejściu frontu. Występowały przelotne opady deszczu w zachodniej Polsce i silne zamglenia na linii przejścia frontu. Umiarkowane zachmurzenie przeważało w zachodniej części kraju i było związane z

obecnością frontu zokludowanego, natomiast we wschodniej części raczej bezchmurnie. Dominował słaby i umiarkowany wiatr z północnego zachodu oraz południowego wschodu.

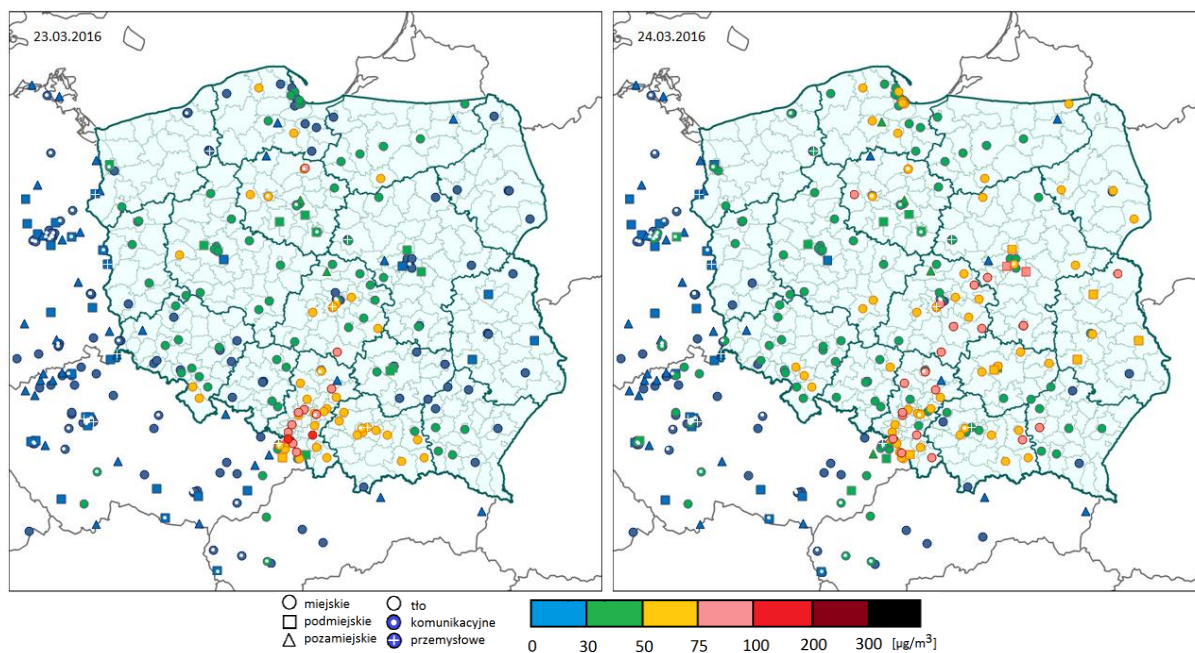


Rysunek 4.23-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 24 marca 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

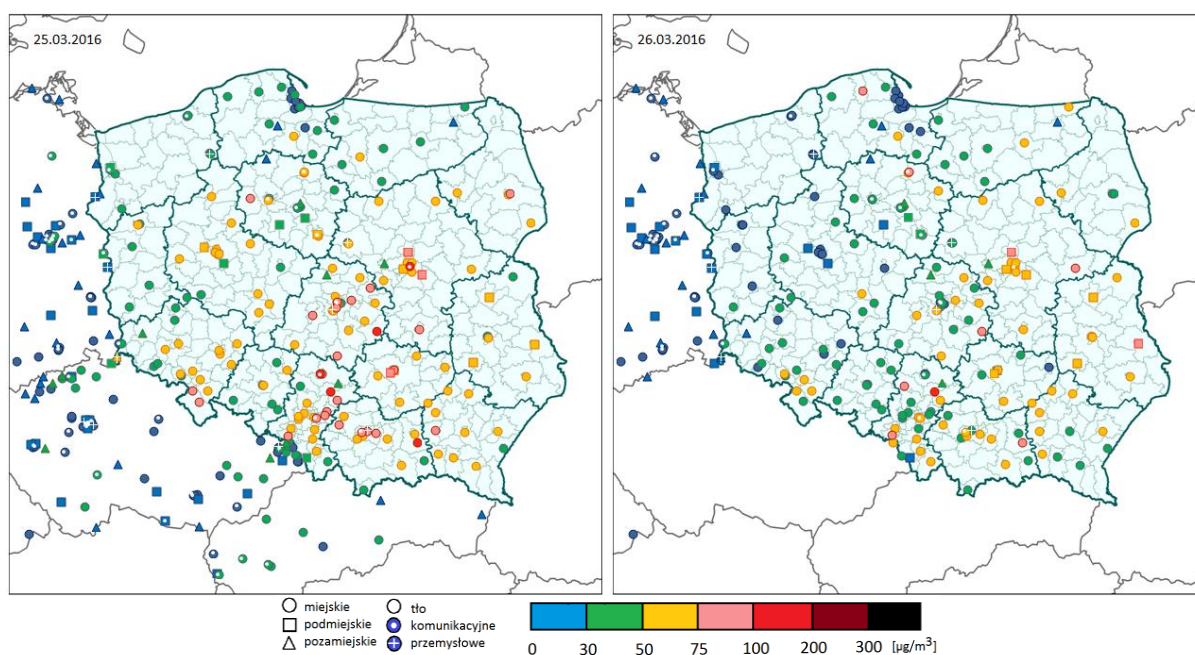
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W dniu 23.03.2016 r. podwyższone stężenia PM10 (większe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) notowane były głównie w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim. Wysokie stężenia PM10 (większe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zarejestrowano na 8 stacjach w woj. śląskim oraz na po jednej stacji w woj. łódzkim i kujawsko-pomorskim (stacja komunikacyjna w Grudziądzu). W następnym dniu (24.03.2016 r.) wysokie stężenia pyłu wystąpiły głównie w centrum i na południu kraju – w sumie na 22 stacjach. Najwięcej przekroczeń miało miejsce w woj. śląskim. Liczne przekroczenia wystąpiły też w woj. łódzkim i mazowieckim. Stężenia dobowe PM10 nie przekraczały $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W kolejnym, kulminacyjnym dniu epizodu (25.03.2016 r.) podwyższone i wysokie stężenia PM10 notowane były w całym kraju z wyjątkiem woj. zachodniopomorskiego i większości terenów woj. pomorskiego i warmińsko-mazurskiego. Stężenia wyższe od poziomu epizodu wystąpiły na 31 stacjach w 9 województwach, najwięcej w woj. śląskim i łódzkim.

Podczas trwania epizodu nie wystąpiły przekroczenia poziomu informowania i alarmowego.



Rysunek 4.23-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 23-24.03.2016 r.



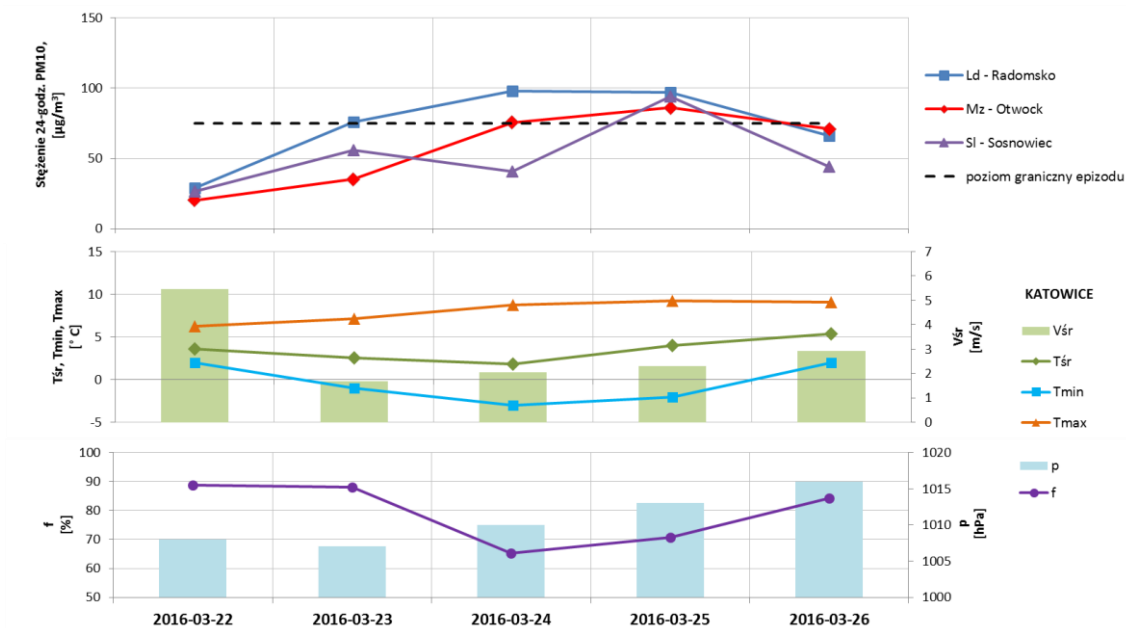
Rysunek 4.23-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 25-26.03.2016 r.

Jak wspomniano wyżej, kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 25.03.2016 r. (rys. 4.23-3). W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu klina wyżowego znad Hiszpanii. Nad północno-zachodnią częścią Polski na wschód przemieszczał się zokludowany front atmosferyczny. W południowej części kraju w nocy rano występowały zamglenia. W tym czasie wiatr był słaby z kierunków zmiennych, okresowo panowała cisza. Począwszy od godzin przedpołudniowych wiatr był słaby i umiarkowany z kierunków południowo-zachodnich. Temperatura powietrza wynosiła od -1 do 9 °C (Katowice). W tym dniu stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 61% stanowisk w Polsce, w tym na 63%

stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 16% stanowisk w kraju (w tym 35% stanowisk w woj. śląskim), na 15% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 5 stanowiskach w 4 województwach. Stężenia 24-godz. PM10 nie przekraczały $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenie zarejestrowano w Myszkowie w woj. śląskim ($146 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 21% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

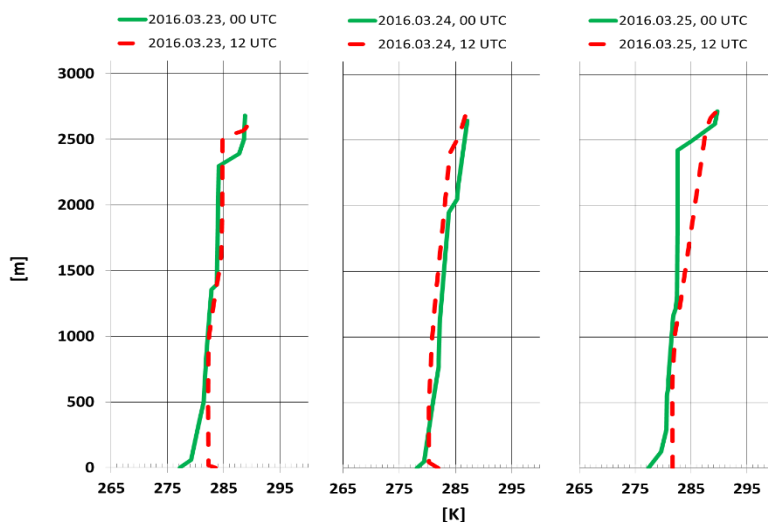
Tabela 4.23-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 23-25.03.2016 r.

	Jedno -stka	23.03.2016	24.03.2016	25.03.2016
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	39.2	48.6	58
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	24	39	61
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	5	11	16
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	2	14	21
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	112	100	146
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	39.4	49.8	57.5
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	23	41	63
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	5	12	15
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	112	100	146
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20.8	26.7	35.7
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37	42	49
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	3	0	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.23-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 23-25.03.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

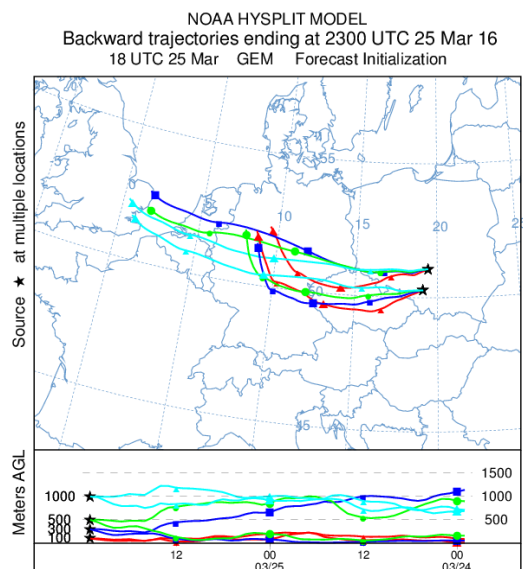


Rysunek 4.23-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejovie w dniach 23-25.03.2016 r.

Analizując wykresy temperatury potencjalnej dla tego okresu widać, iż dla wszystkich rozpatrywanych dni, zarówno podczas dnia i nocy przeważała równowaga stała. Pierwszego i drugiego dnia tego epizodu w godzinach dziennych, do wysokości około 100 m można zauważyć równowagę chwiejną, a wyżej do wysokości około 1000 m równowagę obojętną. Trzeciego dnia w nocy od 1250 m do 2500 m widoczna jest równowaga obojętna. Każdego dnia wystąpiła inwersja przyziemna będąca inwersją radiacyjną, o zmiennej grubości. Sięgała

ona maksymalnie do 500 m podczas pierwszego dnia epizodu. W wyższych warstwach atmosfery można zauważyć delikatną inwersję podniesioną, będącą raczej inwersją frontową niż wyżową. Temperatura przy powierzchni gruntu zmieniała się nieznacznie i wahała się od 3°C w nocy do 9°C za dnia.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.23-6 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 25 marca 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (17.03.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM10. Były to Radomsko (97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. łódzkim i Sosnowiec (94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim.

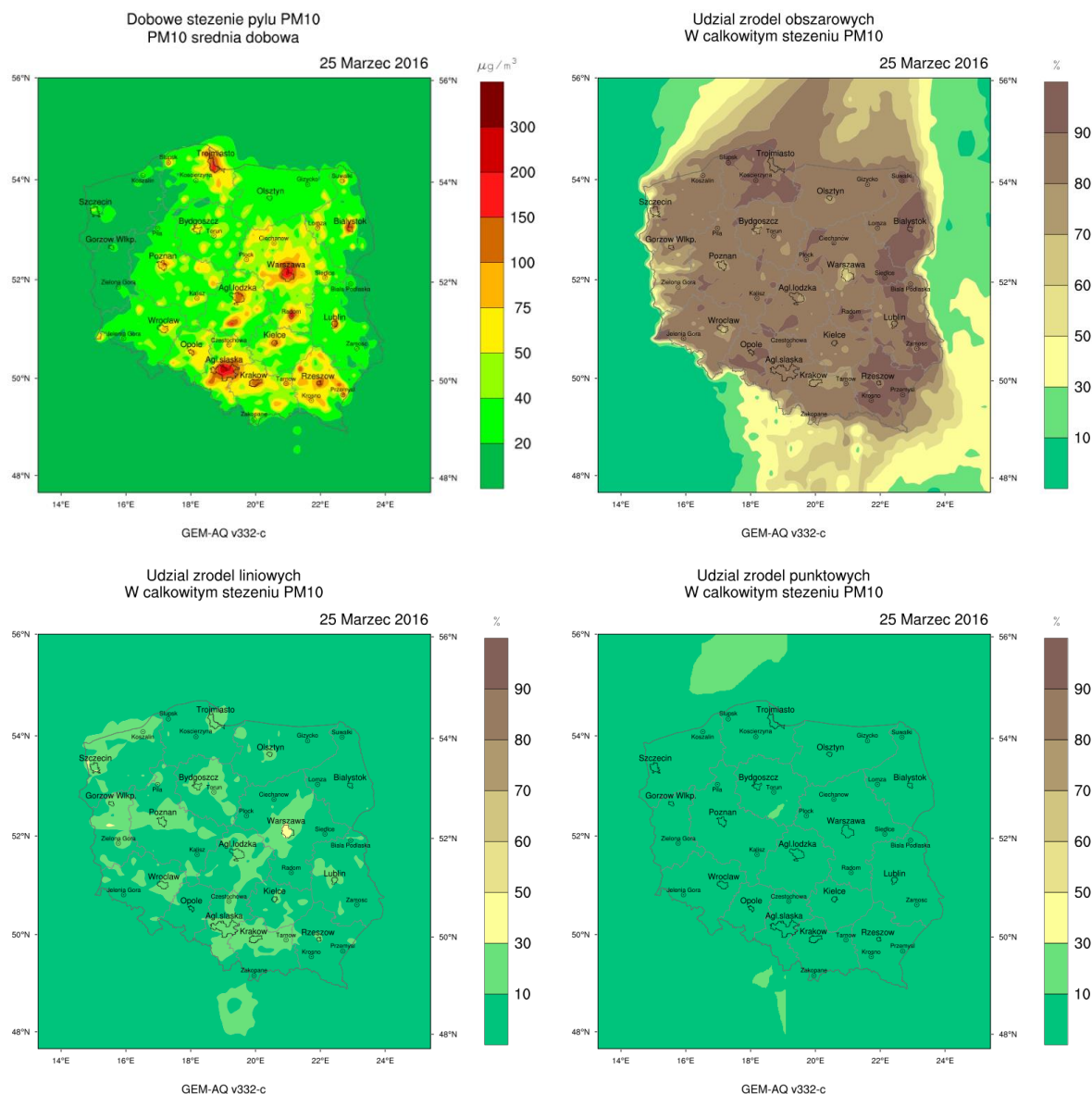
Trajektorie dla poziomów 100, 300 i 500 m do Sosnowca rozpoczynały się w zachodniej części Niemiec. Początkowo podążały w kierunku południowo-wschodnim, a następnie po łuku lewoskrętnym poprzez Niemcy i Czechy docierały do granicy Polski i od zachodu do Sosnowca.

Trajektoria 100 m dla Radomska ma podobny kształt (lewoskrętny łuk) jak wspomniana wyżej trajektoria 100 m dla Sosnowca. Prowadzi z Niemiec poprzez Czechy, woj. dolnośląskie, opolskie i śląskie do Radomska. Trajektorie 300, 500 i 1000 m są dłuższe i mniej zakrzywione. Prowadzą od Wysp Brytyjskich ponad krajami Beneluksu, Niemcami, woj. dolnośląskim, łódzkim do Radomska.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy modelu matematycznego dla dnia 25.03.2016 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń PM10 w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu przede wszystkim w centrum, na południu i południowym wschodzie kraju,

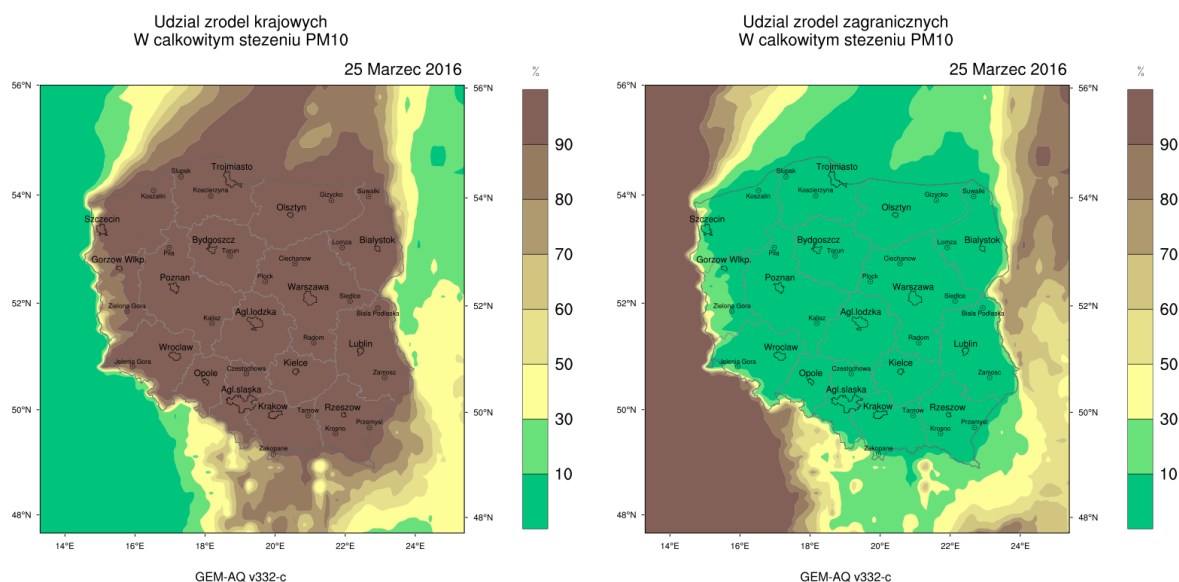
można jednak zauważyć pojedyncze regiony w północnej, zachodniej i wschodniej części kraju gdzie również odnotowano wysokie stężenia tego zanieczyszczenia, jak np. Trójmiasto, Białystok, Poznań czy Lublin wraz z przyległymi terenami. Dzięki wynikom modelowania można zaobserwować znaczną różnicę w dobowym stężeniu pyłu PM10 pomiędzy pasem ciągnącym się przez środek kraju od północy na południe, a jego pozostałym obszarem. Obliczenia ukazują również podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku Łódź-Katowice, A2 od Poznania do Łodzi i A4 na odcinku Katowice-Tarnów oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8.



Rysunek 4.23-7. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 25 marca 2016 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych przede wszystkim z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80-90% wartości stężenia dobowego,

choć warto zaznaczyć, iż rozkład przestrzenny nie jest równomierny i udział procentowy tej kategorii był wyższy przeciętnie o około 10% dla wschodniej, południowo-wschodniej oraz północnej części kraju). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany był na 60-90%. Procentowy udział źródeł liniowych nie był wysoki – przeważnie 10-30% i miał on miejsce przede wszystkim w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (drogi ekspresowe nr 1 i nr 8 oraz autostrady A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonach gdzie wystąpiły wysokie stężenia PM₁₀ był nieduży i nie przekraczał 10%, z wyjątkiem obszarów i okolic Kłodawy, gdzie udział tej kategorii źródeł emisji dochodził do 30%.



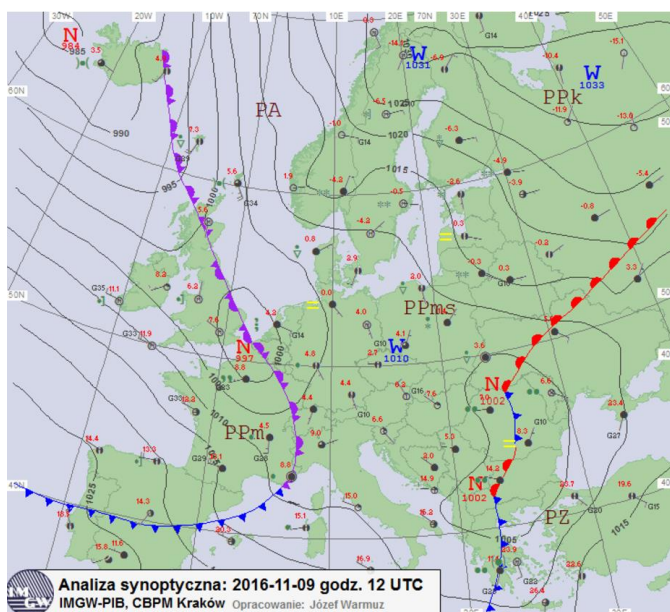
Rysunek 4.23-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 25 marca 2016 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu ze źródeł krajowych. Obliczenia wskazują na nieznaczny udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na terenie całego kraju, który przeciętnie osiągał wartość do 10% z wyjątkiem zachodnich rubieży województwa zachodniopomorskiego i lubuskiego, jak również południowo-wschodniego i wschodniego pasa przygranicznego, gdzie udział z tych źródeł dochodził do 30-50%. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego, południowej Litwy, a także południowo-wschodniej części Bałtyku (50-90%) oraz w ograniczonym stopniu na terenie wschodnich Czech, Słowacji i zachodniej Ukrainy (50-70%).

4.24. Epizod 24. Od 9 do 10 listopada 2016 r.

Sytuacja synoptyczna

W trakcie epizodu Polska znajdowała się pod rosnącym wpływem dwóch ośrodków niżowych - mniejszego z centrum nad obszarem Rumunii i Bułgarii oraz większego utrzymującego się nad kanałem La Manche. Z zachodu zbliżał się front zokludowany niosący masy powietrza polarnego morskiego i wypierający powietrze polarne morskie stare zalegające na obszarze kraju. Temperatura od 1°C w centrum do 4°C w południowej części kraju. W tych dniach wystąpiły przelotne opady deszczu oraz śniegu we wschodniej i północno-wschodniej Polsce. Nie odnotowano zamglenia. Na obszarze całego kraju dominowało zachmurzenie całkowite bądź duże. Występowała przewaga słabych wiatrów południowo-wschodnich i północno-wschodnich.



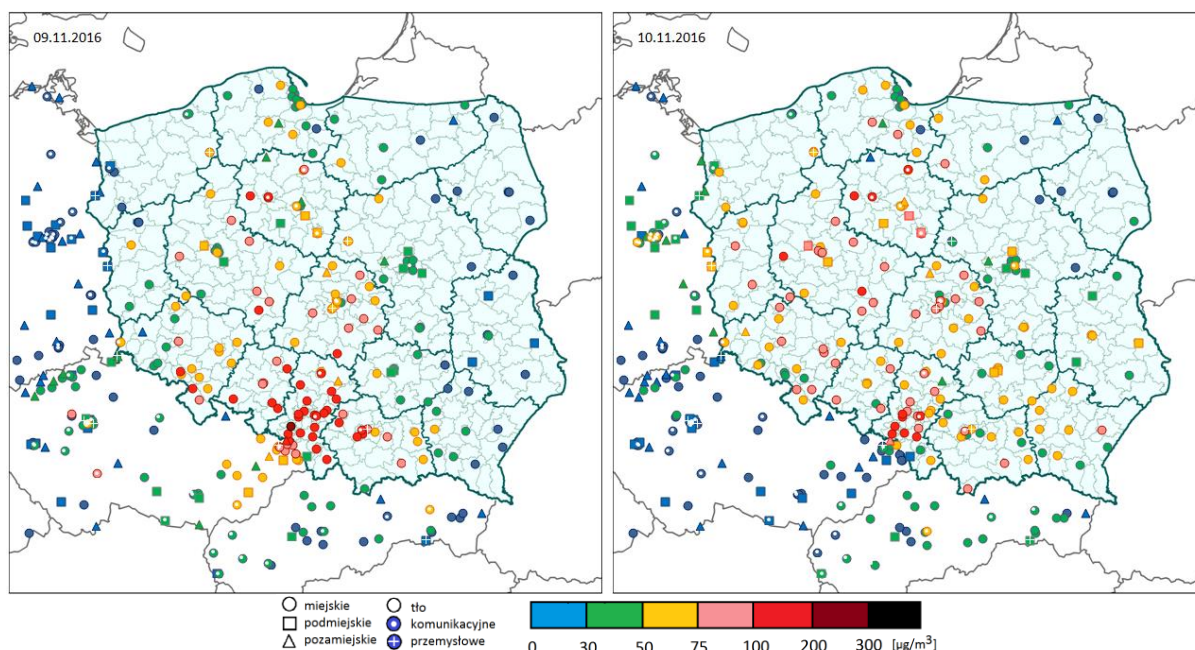
Rysunek 4.24-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 9 listopada 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W dniu 9.11.2016 r. podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były na zachód od linii łączącej Jasło z Elblągiem. Wysokie stężenia PM₁₀ (większe od 75 µg/m³) zarejestrowano na 56 stacjach, w tym na 20 w woj. śląskim. Po kilka przekroczeń poziomu epizodu wystąpiło też w woj. opolskim, łódzkim, małopolskim, dolnośląskim i wielkopolskim.

W drugim dniu epizodu (10.11.2016 r.) stężenia w woj. śląskim nieco obniżyły się, ale w dalszym ciągu poziom epizodu przekroczony był tam na 13 stacjach. W kraju przekroczenia takie wystąpiły ogółem na 58 stacjach, oprócz woj. śląskiego głównie w pozostałych województwach południowej i centralnej części Polski.

Podczas trwania epizodu nie wystąpiły przekroczenia poziomu alarmowego, poziom informowania przekroczony był jeden raz.



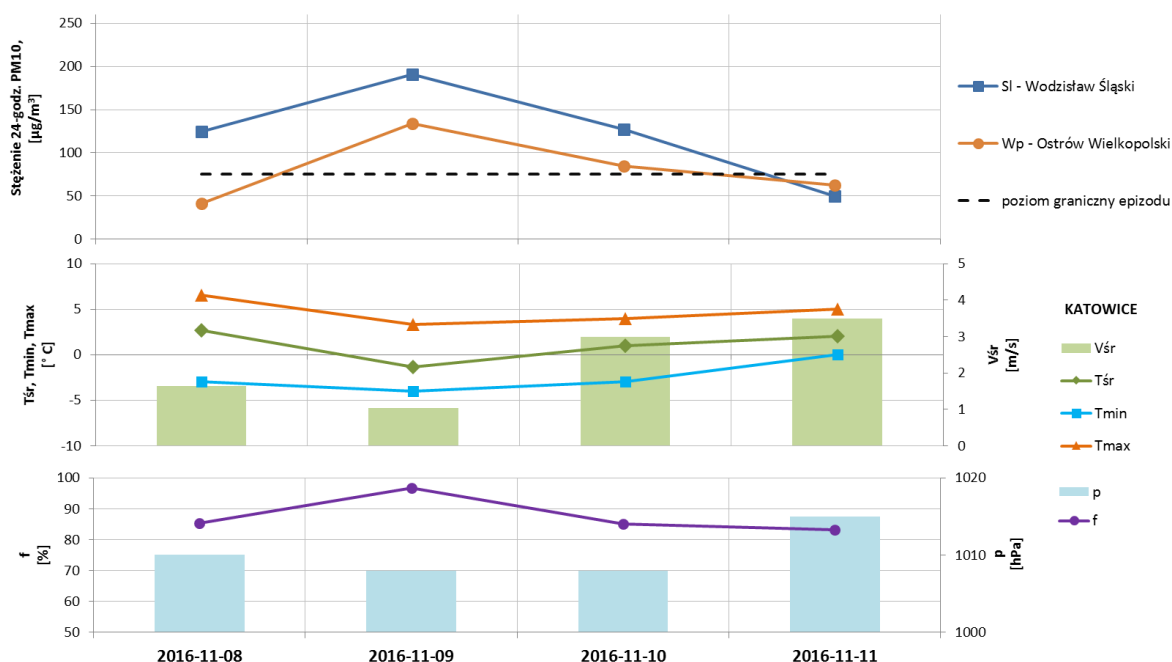
Rysunek 4.24-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 9-10.11.2016 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 9.11.2016 r. W tym dniu Polska znajdowała się pomiędzy ośrodkami niżowymi z centrum nad Kanałem La Manche i Rumunią, w strefie o niskim poziomym gradiencie ciśnienia. W Polsce występowały mgły i zamglenia. Wiatr był słaby z kierunków zmiennych. Temperatura powietrza wynosiła od -4 do 3 °C (Katowice). W tym dniu stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 53% stanowisk w Polsce, w tym na 53% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 22% stacji pozamiejskich. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 28% stanowisk w kraju (w tym 83% stanowisk w woj. śląskim), na 28% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały 75 µg/m³. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 35 stanowiskach w 7 województwach. Poziom informowania przekroczony został na jednej stacji w Polsce – w Rybniku (261 µg/m³). Na 35% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 64 µg/m³, a dla stanowisk z woj. śląskiego 129 µg/m³.

Tabela 4.24-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 9-10.11.2016 r.

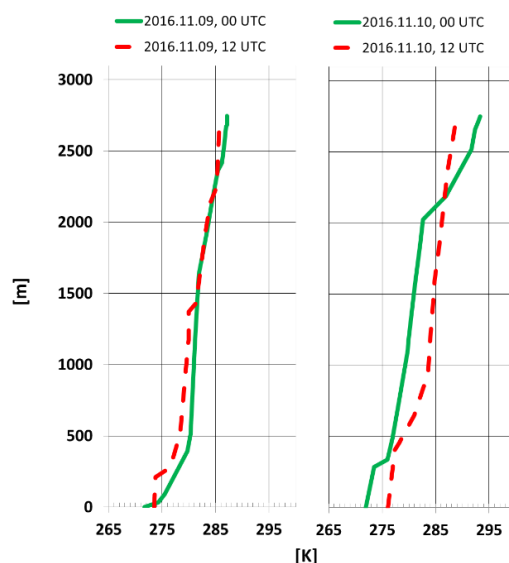
	Jedno -stka	2016-11-09	2016-11-10
Wszystkie stanowiska w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	63.7	62.8
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	53	66

	Jedno- stka	2016-11-09	2016-11-10
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	28	29
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	35	36
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	261	163
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	64.5	63.6
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	53	68
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	28	30
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	261	163
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	37.2	38.5
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	22	33
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	56	52
Stanowiska tła poza granicami Polski			
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	6	1
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0



Rysunek 4.24-3. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

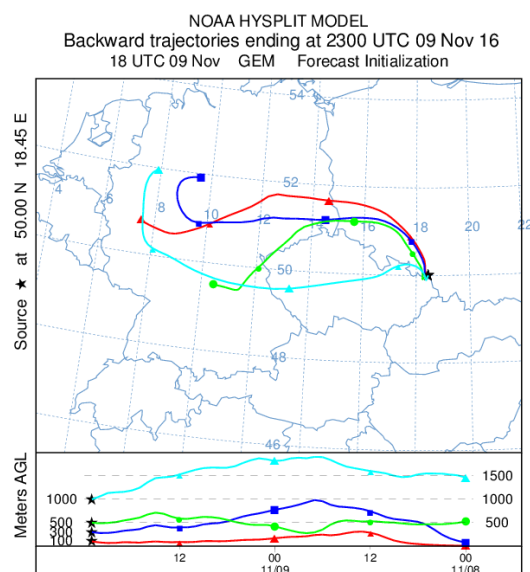
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 09-10.11.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).



Rysunek 4.24-4. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondy aerologicznych w Prostejowie w dniach 09-10.11.2016 r.

Na podstawie wykresów temperatury potencjalnej można zauważyć duże podobieństwo w przypadku równowagi atmosfery dla obu dni epizodu. Dominowała równowaga stała, w przypadku niższych warstw do wysokości około 250 m za dnia można zauważyć równowagę obojętną. Pierwszego dnia można zauważyć delikatną inwersję radiacyjną o grubości około 100 m, natomiast drugiego dnia inwersję śniegową związaną z ochłodzeniem powietrza od roztopiającego się śniegu. Lekko zarysowała się też oscylująca pomiędzy wysokościami 300 m a 2000 m, zwłaszcza w godzinach nocnych inwersja frontowa związana z przechodzącym frontem ciepłym oraz zokludowanym. W tych dniach zauważalny był nieznaczny wzrost temperatury, wahała się ona pomiędzy -2°C w nocy a 3°C za dnia.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.24-5. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 9 listopada 2016 r.

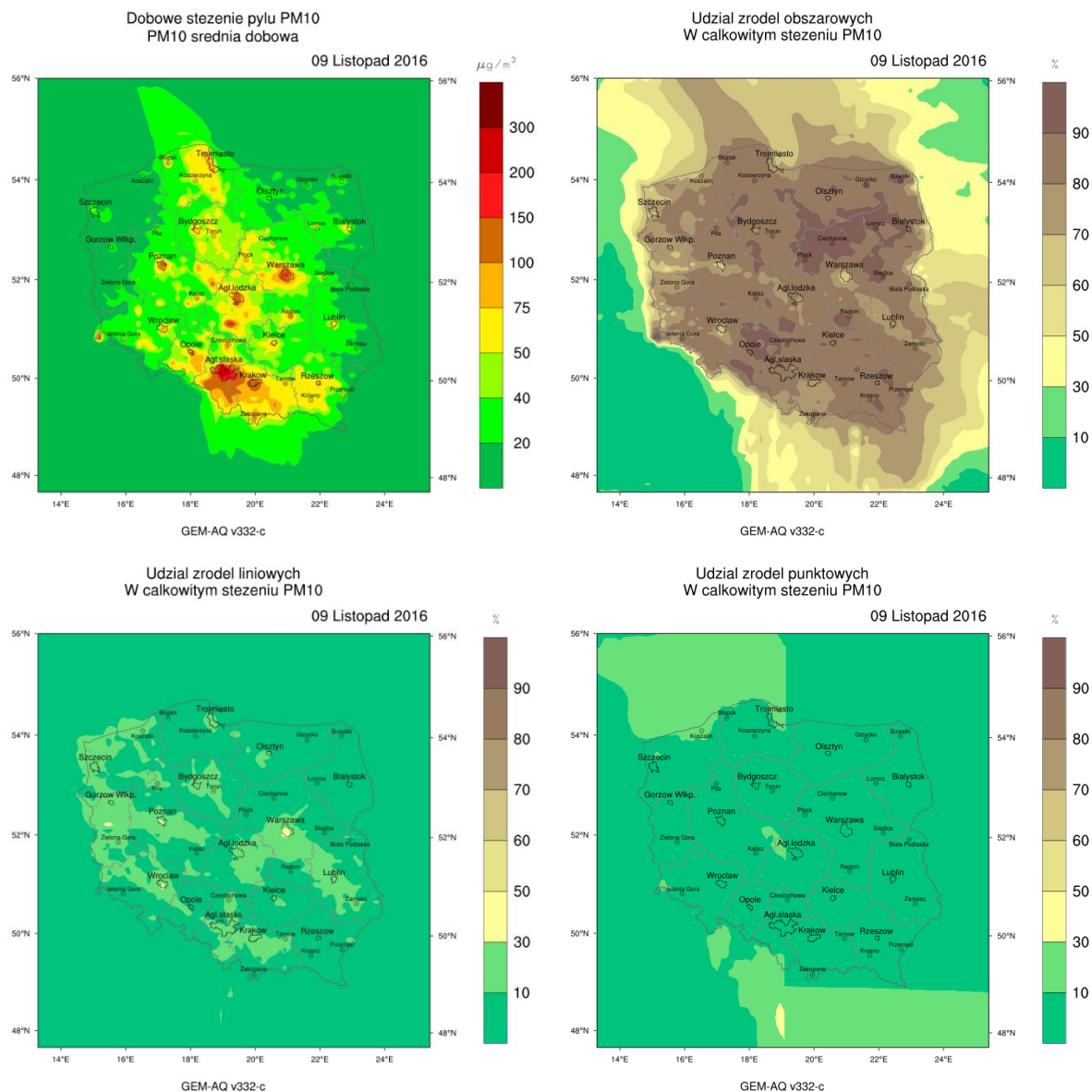
Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (9.11.2016 r.) dla miejscowości, w której wystąpiło wtedy wysokie stężenie PM10 – dla Wodzisławia Śląskiego ($191 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim.

Wszystkie trajektorie rozpoczęły się na terenie Niemiec. Po początkowym skręcie w lewo trajektorie dla poziomów 100, 300 i 500 m skierowały się po prawoskrętnym łuku w kierunku Polski i następnie prowadziły nad woj. dolnośląskim, opolskim i śląskim do Wodzisławia Śl. Trajektorium 1000 m prowadziła z Niemiec do Polski nad terytorium Czech.

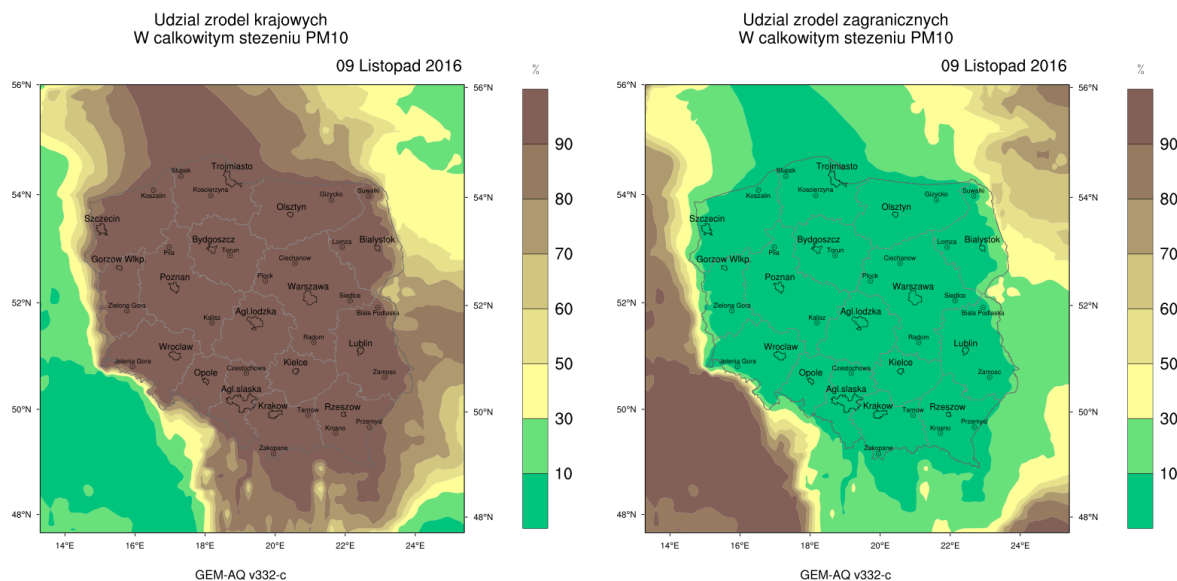
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 09.11.2016 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w centrum, na południu i północy Polski, choć z drugiej strony na pozostałym obszarze kraju zauważalne są tereny, gdzie stężenie PM10 było wysokie, przeważnie w większych miastach oraz na obszarach bezpośrednio do nich przylegających, takich jak Poznań, Lublin czy Białystok. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 na odcinku Toruń-Katowice, A2 i A4 oraz drogi ekspresowej nr 1 i nr 8 od Warszawy po Katowice.

Na podstawie analizy udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 można wskazać na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 90% wartości stężenia dobowego, przeciętnie około 80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 60-90%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1 i nr 8 oraz autostrada A1, A2 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej oraz regionu Świebodzina, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, nie był wysoki i nie przekraczał 10%, z wyłączeniem północno-zachodniego obszaru aglomeracji łódzkiej, gdzie miejscowo udział tej kategorii źródeł emisji dochodził do 30%.



Rysunek 4.24-6. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 9 listopada 2016 r.



Rysunek 4.24-7. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 9 listopada 2016 r.

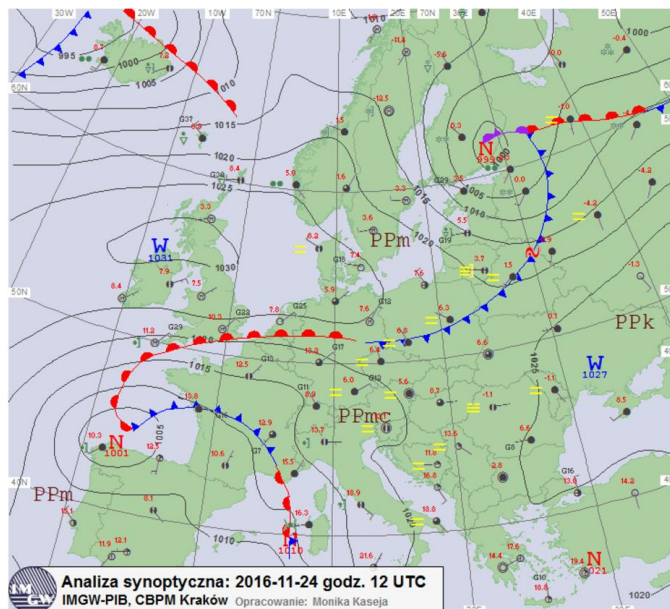
Na wysokość stężeń PM₁₀ w Polsce wpływ miała zwłaszcza emisja pyłu i prekursorów pyłu ze źródeł krajowych. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na terenie całego kraju, który nie był jednak decydujący i przeciętnie osiągał wartość do 10%, choć można zauważyć, iż w przypadku zachodniego, południowo-zachodniego oraz północno-wschodniego pasa przygranicznego udział z tych źródeł dochodził do 30-50%. W rejonach, gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM₁₀ był największy, z reguły stężenia PM₁₀ nie były wysokie. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego, południowej Litwy, zachodniej Białorusi i Ukrainy oraz południowo-zachodniej części Bałtyku, jak również wschodnich Czech i Słowacji (udział ze źródeł krajowych dla wymienionych obszarów kształtował się na poziomie 50-90%).

4.25. Epizod 25. Od 23 do 26 listopada 2016 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy)

Sytuacja synoptyczna

W tym okresie nowo powstały układ wyżowy z centrum nad obszarem wysp brytyjskich stopniowo wcinął się klinem nad obszar Polski i rozdzielał ciepłe powietrze płynące przez Europę na dwa układy niżu. Przez obszar kraju od północnego-zachodu przebiegał front chłodny niosący zimne powietrze polarne morskie na miejsce powietrza polarne morskiego ciepłego, odpływającego w kierunku południowo-zachodnim, nad obszar Włoch. Temperatura w całym kraju mieściła się w granicach 6-8°C, nieco cieplej było na wybrzeżu. W drugiej połowie tego okresu nastąpił umiarkowany spadek średniej temperatury wynikający z przejścia

frontu chłodnego. Brak było opadu w całym kraju oraz wystąpiło umiarkowane zamglenie na południu i zachodzie. Przeważało zachmurzenie duże z wyjątkiem północno-zachodniego obszaru kraju gdzie zachmurzenie było umiarkowane. Przez większość czasu wiał słaby lub umiarkowany wiatr z północnego zachodu i południowego zachodu.



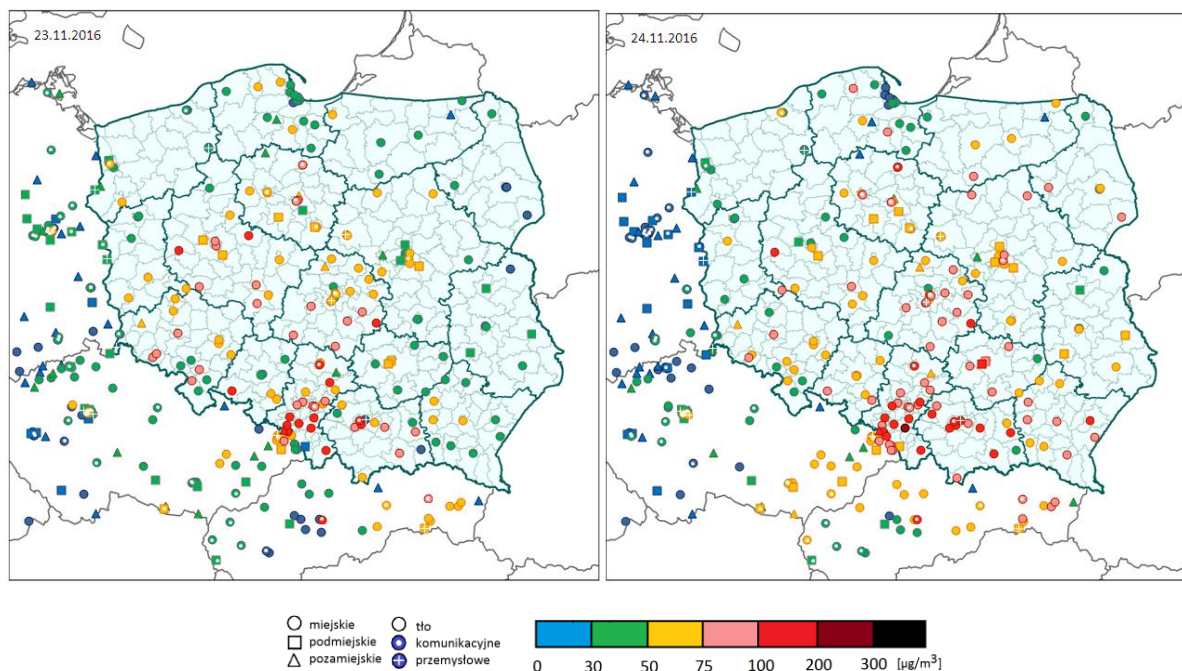
Rysunek 4.25-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 24 listopada 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

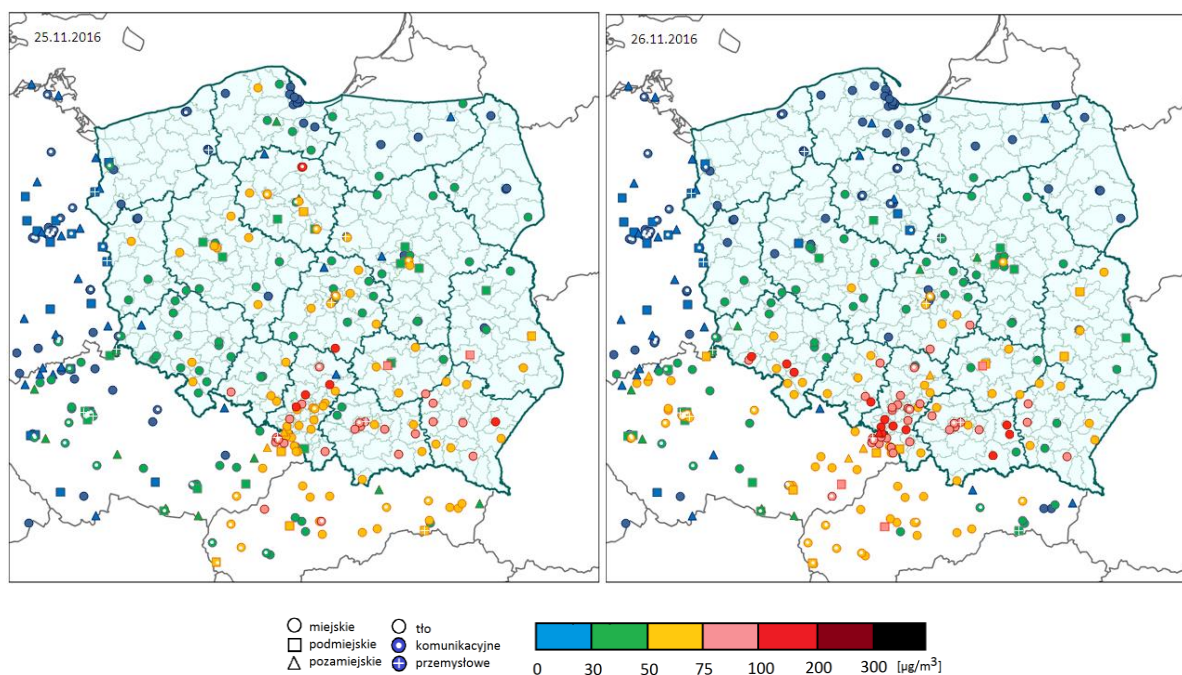
W dniu 23.11.2016 r. podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były głównie w centrum i na południu kraju. Wysokie stężenia PM₁₀ (większe od 75 µg/m³) zarejestrowano na 42 stacjach, w tym na 14 w woj. śląskim. Liczne przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły też w woj. łódzkim, małopolskim, dolnośląskim i wielkopolskim. Na stacji w Rybniku zanotowano najwyższe stężenie PM₁₀ w Polsce – 164 µg/m³, niewiele mniej w Godowie też w woj. śląskim (163 µg/m³). Wysokie stężenia pyłu notowane były również w Czechach na 2 stacjach w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy.

W drugim dniu epizodu (24.11.2016 r.) wzrosły stężenia PM₁₀ we wschodniej połowie Polski, np. w woj. małopolskim, świętokrzyskim i podkarpackim. Wysokie stężenia PM₁₀ (większe od 75 µg/m³) zarejestrowano na 72 stacjach, w tym na większości stacji w woj. śląskim, małopolskim, świętokrzyskim i łódzkim. W Pszczynie stężenie PM₁₀ przekroczyło poziom informowania. Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Czechach (6 stacji w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy) oraz na Słowacji (5 stacji, w tym 3 stacje tła). W kolejnym dniu (25.11.2016 r.) stężenia PM₁₀ w Polsce obniżyły się – przekroczenia (najczęściej niewielkie) poziomu epizodu wystąpiły tego dnia głównie w 3 województwach: śląskim, małopolskim i podkarpackim, w sumie na 26 stacjach. W dniu 26.11.2016 r. nastąpił ponowny wzrost stężeń PM₁₀, przede wszystkim w woj. śląskim i dolnośląskim. Wysokie stężenia notowane były też na 11 stacjach w Czechach (w tym 8 stacji tła) i jednej stacji na Słowacji.

Podczas trwania całego epizodu nie wystąpiły przekroczenia poziomu alarmowego, poziom informowania przekroczony był jeden raz – w Pszczynie.



Rysunek 4.25-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 23-24.11.2016 r.



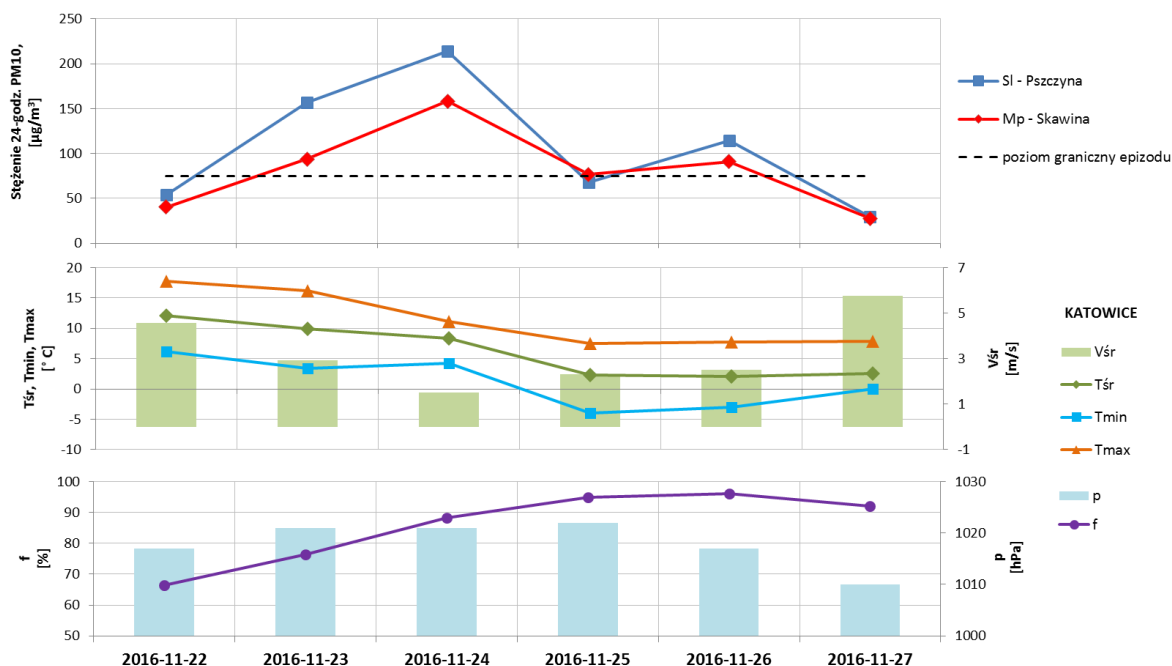
Rysunek 4.25-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 25-26.11.2016 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 24.11.2016 r. W tym dniu Polska znajdowała się pomiędzy ośrodkami wyżowymi z centrum nad Wielką Brytanią i południową Rosją, w strefie o niskim poziomym gradiencie ciśnienia atmosferycznego. W Polsce występowały mgły i zamglenia. Wiatr był słaby, z kierunków zmiennych, okresowo

panowała cisza. Temperatura powietrza wynosiła od 4 do 11 °C (Katowice). W tym dniu stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 72% stanowisk w Polsce, w tym na 74% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 33% stacji pozamiejskich. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 39% stanowisk w kraju (w tym 88% stanowisk w woj. śląskim i małopolskim), na 39% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały 75 µg/m³. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 22 stanowiskach w 7 województwach. Poziom informowania przekroczony został na jednej stacji w Polsce – w Pszczynie (214 µg/m³). Na 50% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 71 µg/m³, a dla stanowisk z woj. śląskiego 111 µg/m³.

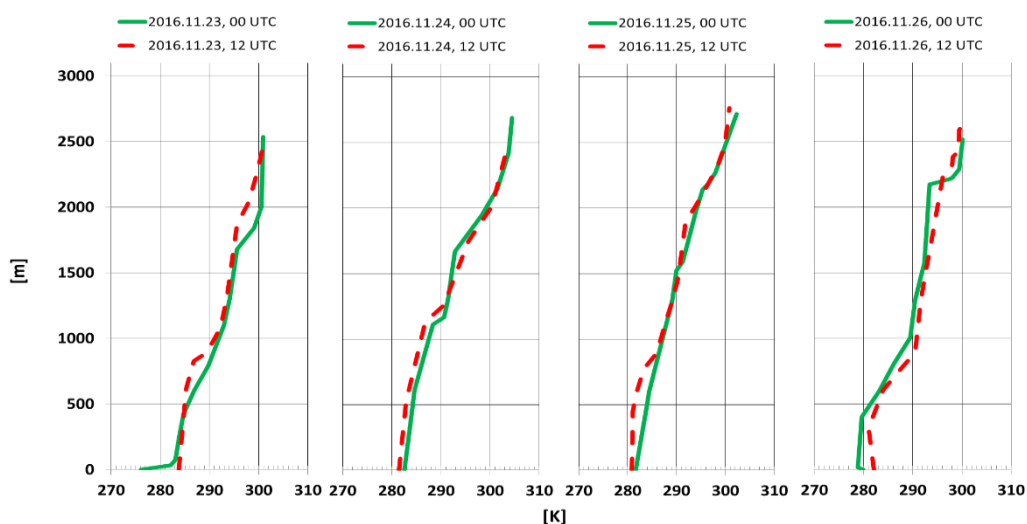
Tabela 4.25-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 23-26.11.2016 r.

	Jedno -stka	2016- 11-23	2016- 11-24	2016- 11-25	2016- 11-26
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	59.6	70.8	49.3	48.0
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	56	72	43	39
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	23	39	14	20
% stanowisk z S24>S95	%	23	50	12	13
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	174	214	143	139
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	59.9	70.7	50.0	49.6
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	55	74	44	41
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	23	39	14	21
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	174	214	143	139
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	43.0	39.5	22.4	25.9
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	33	33	0	11
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	62	59	37	52
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	3	1	1
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	2	6	3	8
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0



Rysunek 4.25-4. Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 23-26.11.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

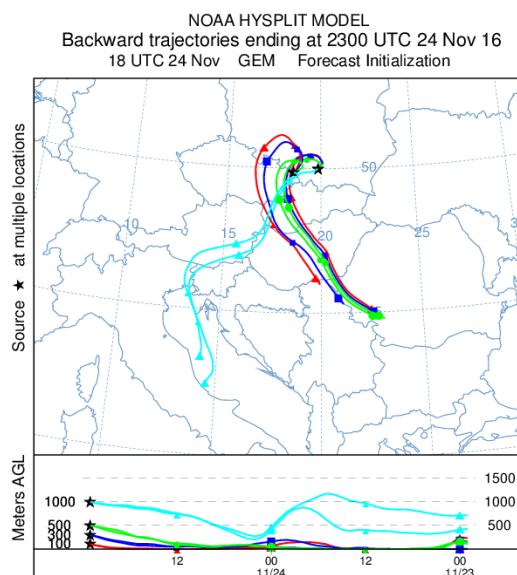


Rysunek 4.25-5. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Prostejovie w dniach 23-26.11.2016 r.

Analiza wykresów temperatury potencjalnej dla tego epizodu pozwala zauważyć dominację równowagi stałej niezależnie od pory dnia. Dla pierwszych trzech dni tego okresu za dnia do wysokości około 500 m można wskazać równowagę obojętną, natomiast dla ostatniego dnia równowagę chwiejną. Wystąpiła lekka inwersja radiacyjna, zwłaszcza

pierwszego i ostatniego dnia tego epizodu, o grubości do 300 m. Pierwszego dnia obecna było, na wysokości około 1750 m, inwersja osiadania. Temperatura przy ziemi zmieniała się nieznacznie, choć dążyła do zmniejszenia różnicy pomiędzy dniem a nocą i wahała się od 2°C w nocy do 8°C za dnia.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.25-6. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 24 listopada 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (24.11.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀. Były to Skawina (158 µg/m³) w woj. małopolskim i Karwina k. Ostrawy (108 µg/m³) w Czechach.

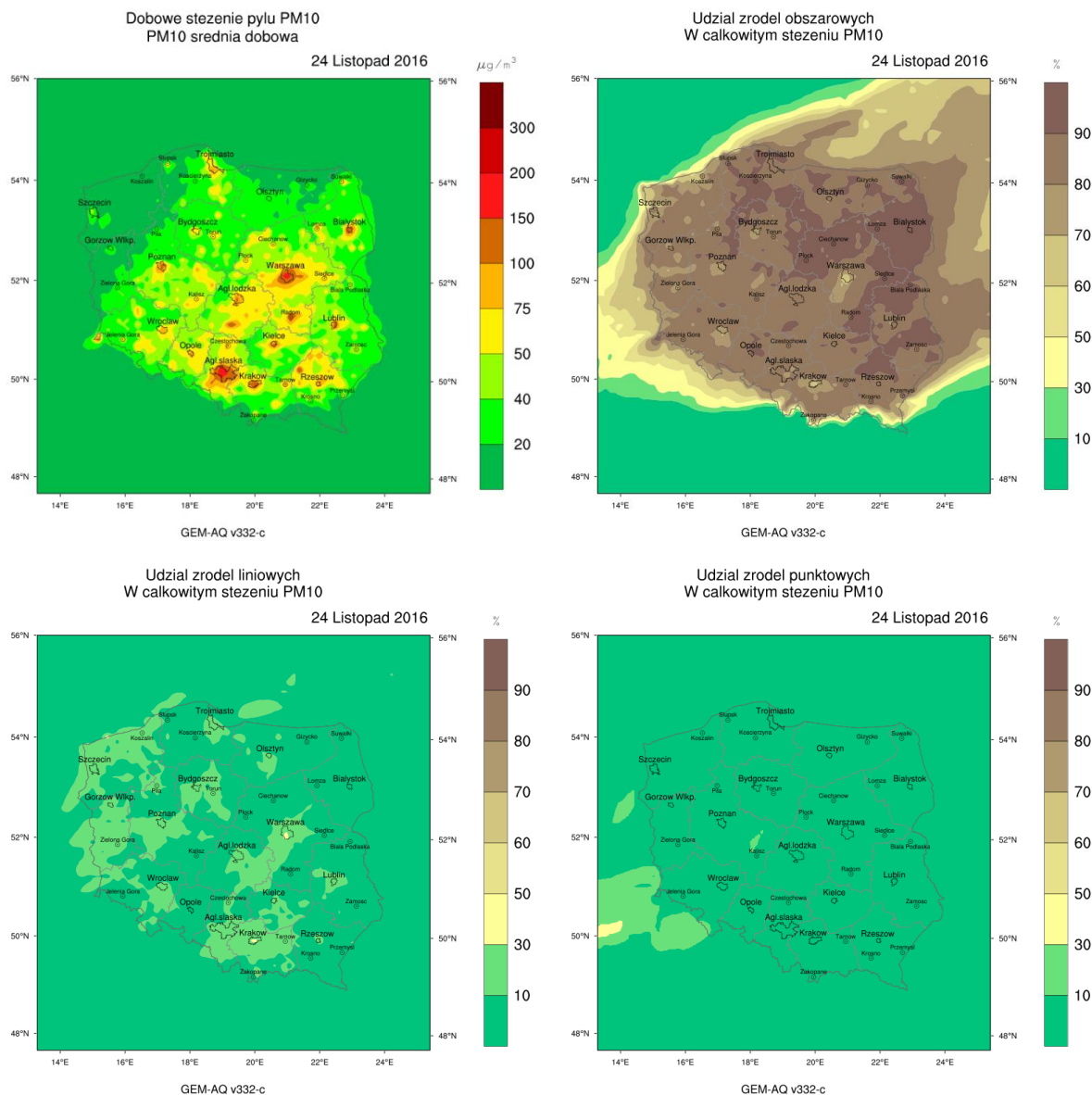
Trajektorie dla poziomów 100, 300 i 500 m rozpoczynały się w pobliżu granicy Serbii i Rumunii. Początkowo podążały w kierunku północno-zachodnim ponad Węgrami, Słowacją, następnie skręcały w prawo na północ nad Czechami i docierały do Polski. W ostatnich 24 godzinach trajektorie zawracały w kierunku południowym. Do Skawiny trajektorie dotarły z kierunku północno-zachodniego, przechodząc nad woj. śląskim i małopolskim.

Nad Karwinę trajektorie 100, 300 i 500 m dotarły z Polski, przechodząc wcześniej nad woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM₁₀ w dniu 24.11.2016 r. uzyskany na drodze modelowania matematycznego wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w centrum oraz na południu i południowym wschodzie kraju. W regionach, gdzie wysokie stężenia PM₁₀ nie wystąpiły, zauważalne są obszary, głównie aglomeracje miejskie oraz ich okolice, gdzie

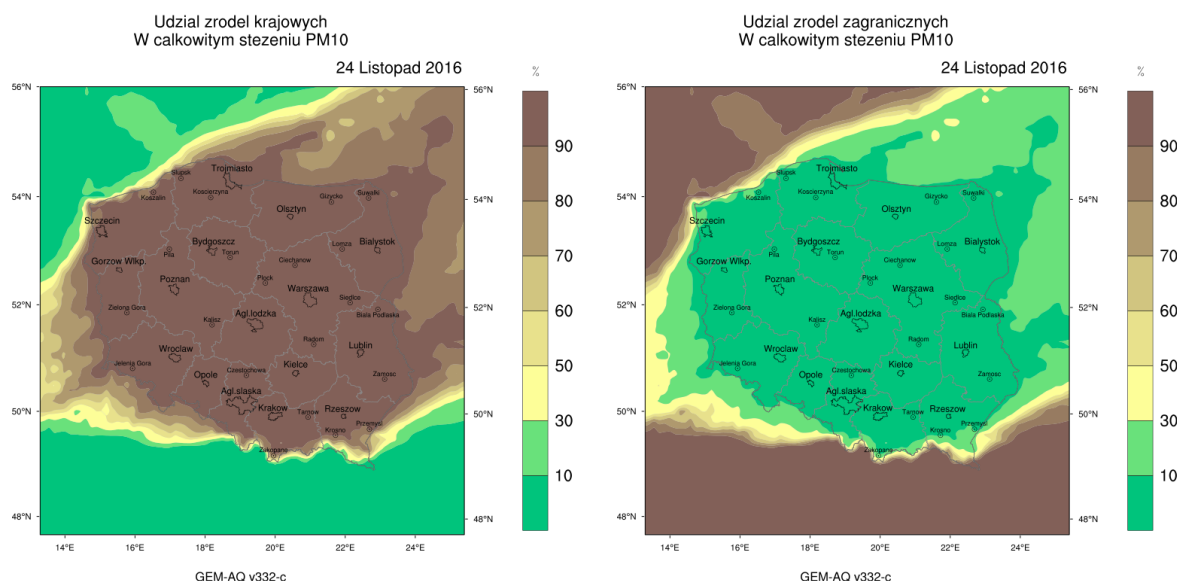
stężenie tego zanieczyszczenia było wysokie. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 od Łodzi po Katowice i A4 na odcinku Wrocław-Tarnów oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 8 na odcinku Warszawa-Katowice.



Rysunek 4.25-7. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 24 listopada 2016 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 90% wartości stężenia dobowego zwłaszcza we wschodniej i północno-wschodniej części kraju, na pozostałym obszarze, jest to udział na poziomie 70-80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany był na 70-90%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu

głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1 i nr 8 oraz autostrada A1 i A4). Na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział źródeł komunikacyjnych szacowany był na 10-30%, z wyjątkiem obszaru aglomeracji warszawskiej i krakowskiej, gdzie udział ten kształtował się na poziomie 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki i nie przekraczał 10%, z wyłączeniem niewielkiego obszaru na północ od Kalisza, gdzie udział tej kategorii źródeł emisji dochodził do 30%.



Rysunek 4.25-8. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 24 listopada 2016 r.

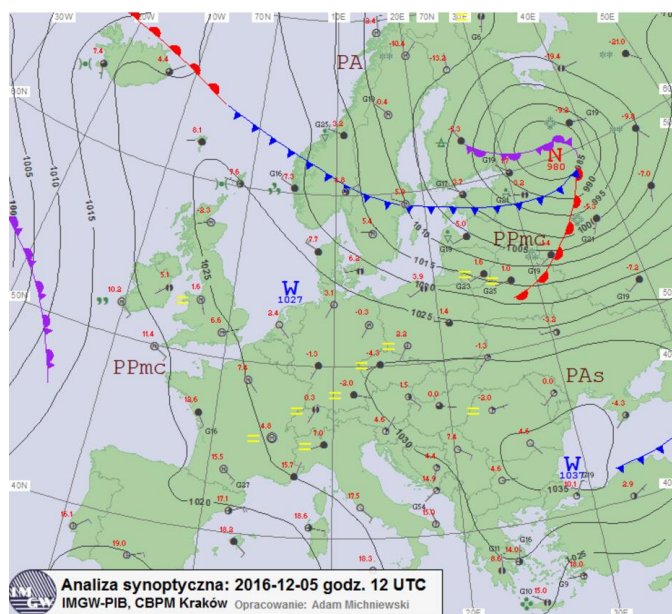
O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu ze źródeł krajowych. Obliczenia wskazują, iż udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na terenie całego kraju był niewielki i przeciętnie osiągał wartość do 10%, z wyjątkiem pasa przygranicznego, gdzie udział z tych źródeł dochodził do 30-50%. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego, południowej Litwy, a także zachodniej Białorusi i północno-zachodniej Ukrainy (60-90%) oraz w podobnym stopniu Niemiec południowo-wschodnich i północno-zachodnich Czech.

4.26. Epizod 26. Od 4 do 5 grudnia 2016 r.

Sytuacja synoptyczna

W tym czasie Polska znajdowała się pod słabnącym wpływem przemieszczającego się na południowy wschód wyżu, mającego swoje centrum nad zachodnią częścią basenu Morza Czarnego; coraz bardziej zaznaczał się wpływ rozległego niżu z centrum nad obszarem Rosji.

Od północy nadciągał front chłodny, prowadząc przed sobą masy powietrza polarnego morskiego ciepłego na rzecz mocno już wypartego powietrza arktycznego starego. Wraz ze stopniowym wypieraniem tych mas powietrza podwyższeniu ulegała średnia temperatura, która kształtowała się na poziomie od -1°C w południowo-wschodniej części kraju do 4°C na północy. Warty zaznaczenia jest jednak różnica około 3°C w średniej temperaturze powietrza w tych dwóch dniach. Pierwszego dnia tego okresu wystąpiły przelotne opady śniegu w południowo-wschodniej części kraju oraz umiarkowane zamglenia na północnym-zachodzie; następnego dnia nie było opadów oraz mgieł. Na przestrzeni dwóch dni przeważało zachmurzenie duże. Dominował słaby wiatr zachodni i południowo-zachodni.

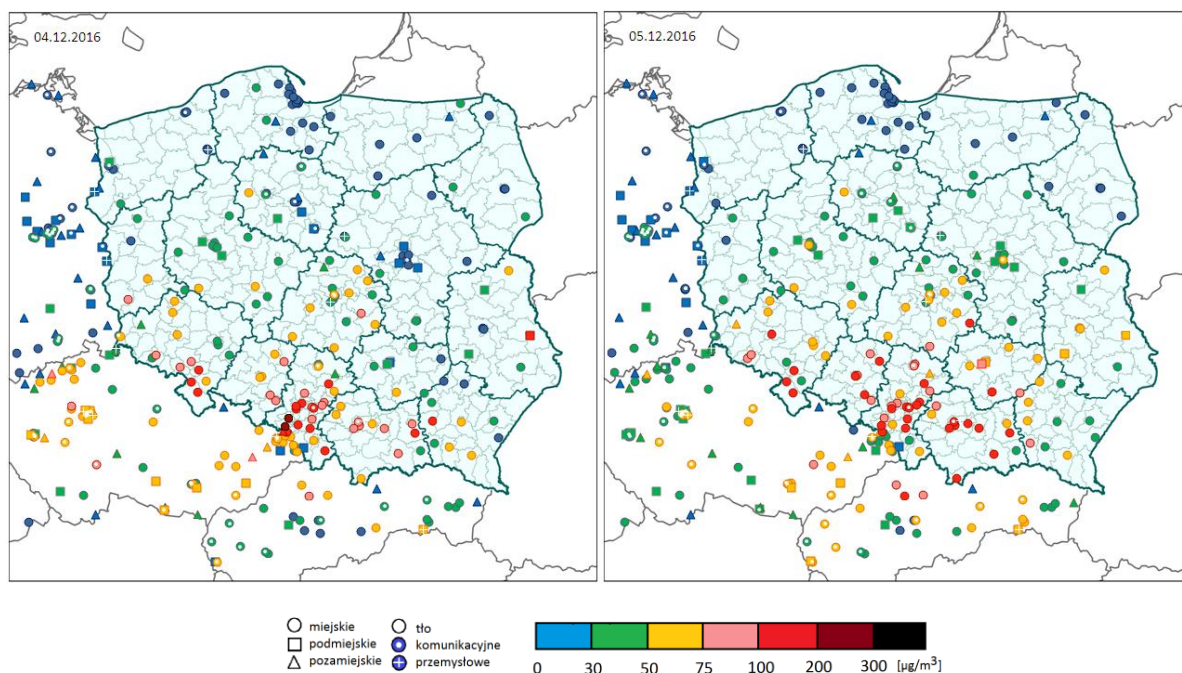


Rysunek 4.26-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 5 grudnia 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod w dniach 4-5.12.2016 r. miał miejsce w województwach położonych wzdłuż południowej granicy Polski. W pierwszym dniu poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 36 stacjach, w tym na 16 stacjach w woj. śląskim. Liczne przekroczenia poziomu epizodu wystąpiły też w woj. małopolskim i dolnośląskim. Na 2 stacjach (Rybnik, Wodzisław Śl.) stężenia przekraczały poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W dniu 5.12.2016 r. poziom epizodu przekroczony był na 43 stacjach w Polsce, w tym na wszystkich stacjach w woj. opolskim i na większości stacji w woj. śląskim i małopolskim. Najwyższą wartość stężenia uzyskano na stacji komunikacyjnej w Krakowie ($181 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a na stacji tła miejskiego – w Myszkowie w woj. śląskim ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Podczas trwania epizodu wystąpiły dwa przypadki przekroczenia poziomu informowania (4.12.2016 r., Rybnik – $249 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Wodzisław Śl. – $225 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom alarmowy nie był przekroczony.



Rysunek 4.26-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 4-5.12.2016 r.

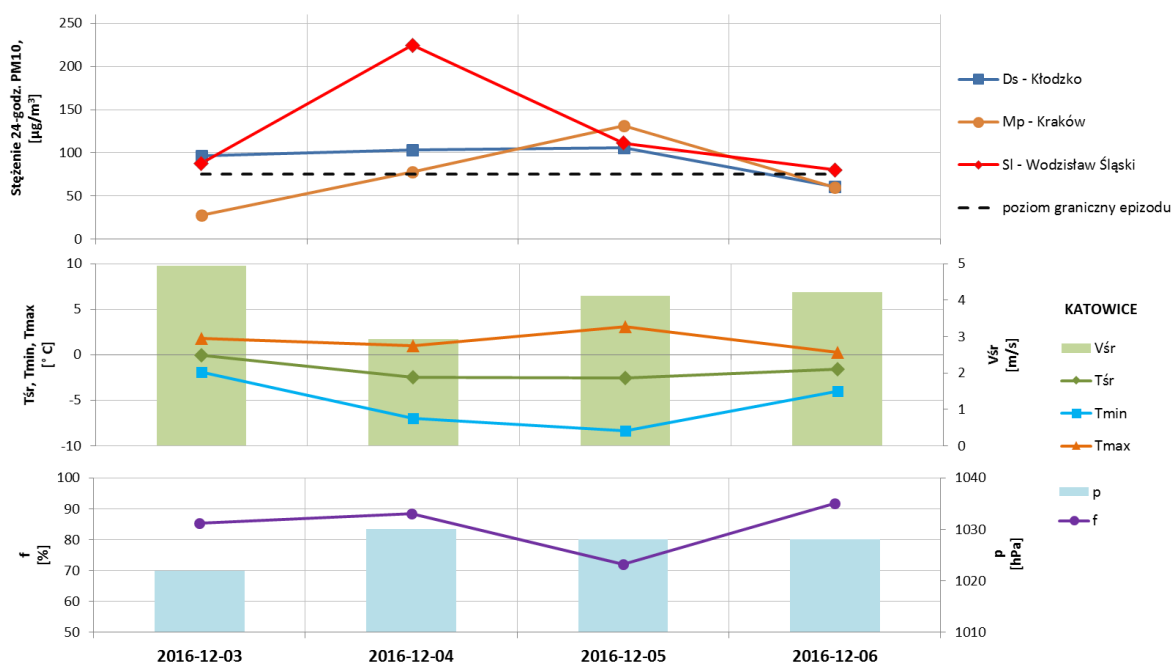
Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 5.12.2016 r. Część północna kraju znajdowała się pod wpływem niżu znad Skandynawii. W tej części Polski stężenia PM₁₀ były niskie. W południowej części kraju w nocy i rano występowała marznąca mgła. Wiatr był słaby, początkowo ze wschodu, zmieniający się stopniowo na wiatr umiarkowany, południowy i południowo zachodni. Temperatura powietrza wynosiła od -8 do 3 °C (Katowice). W przyziemnej warstwie atmosfery utworzyła się inwersja temperatury hamująca w znacznym stopniu intensywność turbulencyjnej dyspersji zanieczyszczeń w atmosferze.

W tym dniu stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 43% stanowisk w Polsce, w tym na 46% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 22% stacji pozamiejskich. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 23% stanowisk w kraju (w tym 76% stanowisk w woj. śląskim, opolskim i małopolskim), na 25% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały 75 µg/m³. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 27 stanowiskach w 6 województwach. Na 25% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 56 µg/m³, a dla stanowisk z woj. śląskiego, opolskiego i małopolskiego 97 µg/m³.

Tabela 4.26-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 4-5.12.2016 r.

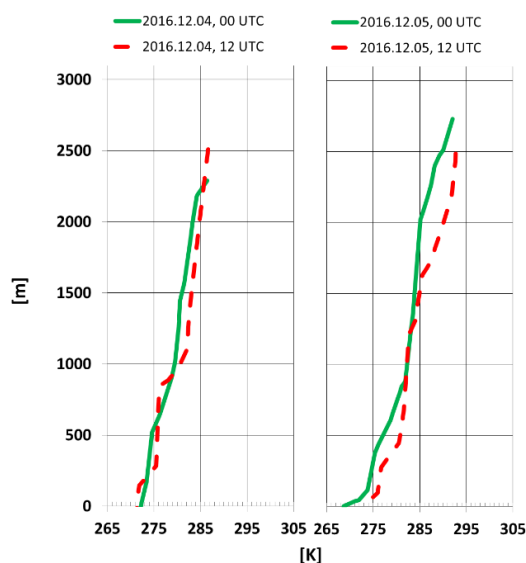
	Jedno- stka	2016-12-04	2016-12-05
Wszystkie stanowiska w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	51.2	55.8
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	36	43

	Jedno- stka	2016-12-04	2016-12-05
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	19	23
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	16	25
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	249	181
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	53.4	57.2
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	40	46
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	21	25
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	249	160
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	23.9	30.2
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	22
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	39	55
Stanowiska tła poza granicami Polski			
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	1	3
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	4	1
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0



Rysunek 4.26-3. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

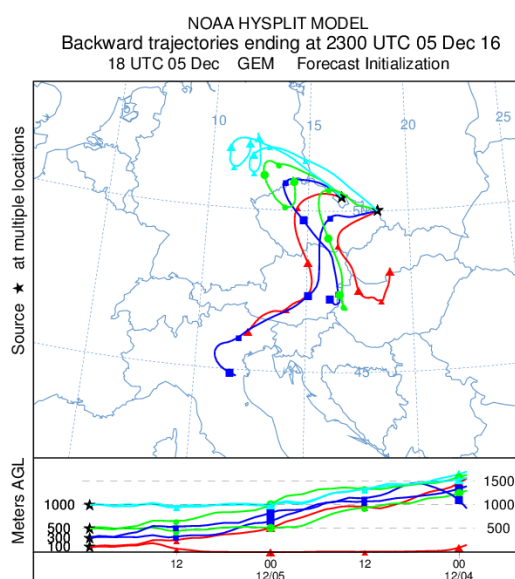
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 04-05.12.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji: 12425).



Rysunek 4.26-4. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondażu aerologicznych we Wrocławiu w dniach 04-05.12.2016 r.

Na podstawie wykresów temperatury potencjalnej dla obu dni tego epizodu można wnioskować o przewadze równowagi stałej bądź lekko stałej. Dla całego okresu za dnia na wysokości 500-1500 m da się wyróżnić równowagę obojętną, przerwana pierwszego dnia przez około stu metrowy odcinek równowagi stałej na wysokości 900 m. W tym okresie występowała inwersja przyziemna będąca inwersją śniegową jak również inwersja wyżowa znajdująca się pierwszego dnia w warstwie granicznej na wysokości około 1000 m. Temperatura przy powierzchni ziemi nie uległa znacznej zmianie podczas trwania epizodu, można jednak zauważyć wzrost jej różnicy pomiędzy porami dnia. Temperatura ta wahała się od -5°C w nocy do 2°C za dnia.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.26-5. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 5 grudnia 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (5.12.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM₁₀. Były to Kłodzko (106 µg/m³) w woj. dolnośląskim i Wodzisław Śl. (111 µg/m³) w woj. śląskim.

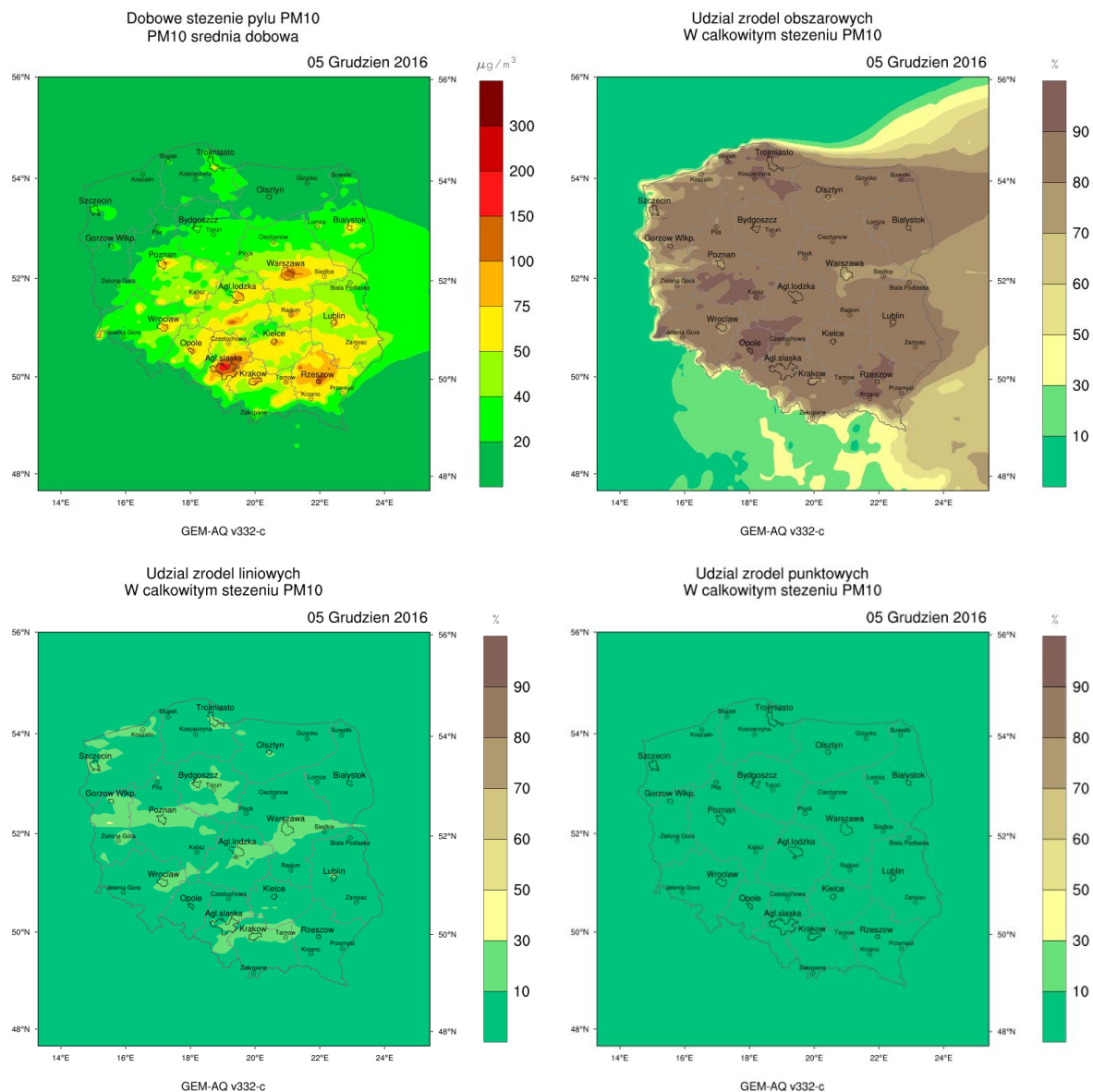
Trajektorie dla poziomów 100 i 300 m do Wodzisławia Śl. dochodziły od strony Czech, a wcześniej przechodziły nad Austrią, Węgrami (100 m) i Włochami (300 m). Trajektorie o końcowej wysokości 300, 500 i 1000 m zaczynały się na wyższych wysokościach i stopniowo się obniżały.

Trajektoria 100 m docierała do Kłodzka od zachodu z terytorium Czech. Trajektoria 300 m rozpoczynała się we wschodniej Austrii i podążała przez Austrię, Czechy w kierunku północno-zachodnim. W pobliżu granicy czesko-niemieckiej zawróciła na południowy wschód i prowadziła wzdłuż pasma Sudetów do Kłodzka. Trajektorie dla poziomów 500 i 1000 m docierały do Kłodzka z tego samego kierunku – z północnego zachodu.

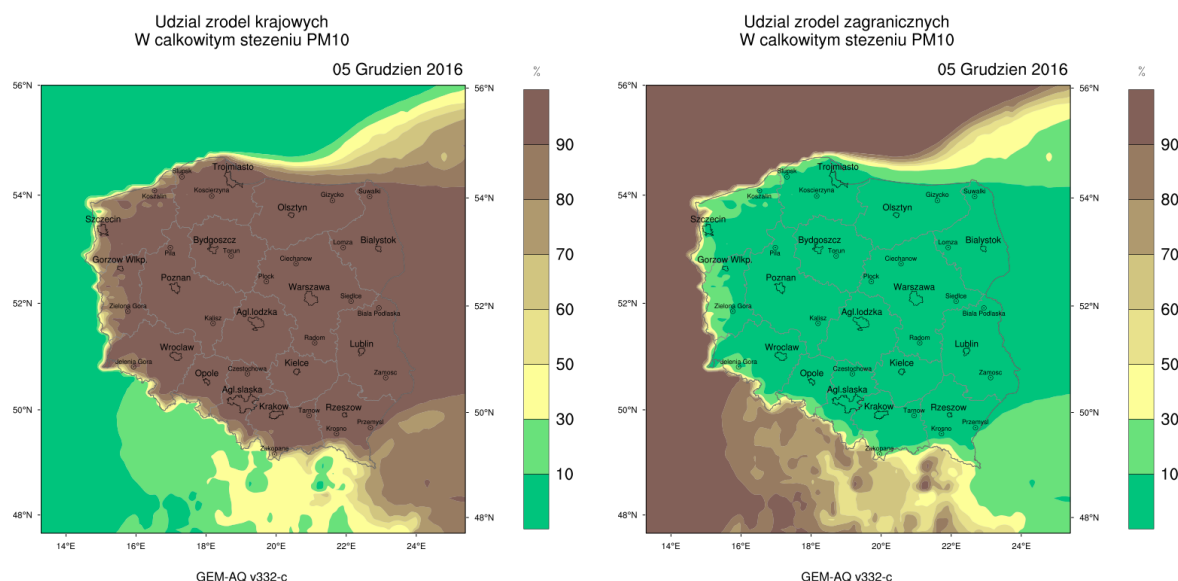
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM₁₀ w dniu 05.12.2016 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w centrum oraz na południowym wschodzie Polski, i choć z drugiej strony na pozostałym obszarze kraju zauważalne są tereny, gdzie stężenie PM₁₀ było wysokie to regiony te są niewielkich rozmiarów i nie ma ich wiele (np. Białystok czy Poznań). Obliczenia ukazują również podwyższone stężenia PM₁₀ wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A2 na odcinku Łódź-Warszawa i A4 od Katowic do Tarnowa oraz drogi ekspresowej nr 1.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (lokalnie do 90% wartości stężenia dobowego, przeciętnie jest to jednak wartość na poziomie 70-80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany był na 70-90%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1 oraz autostrada A2 i A4), jak również na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀, gdzie ta kategoria źródeł emisji osiągnęła analogiczne wartości procentowe. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.26-6. Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 5 grudnia 2016 r.



Rysunek 4.26-7. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 5 grudnia 2016 r.

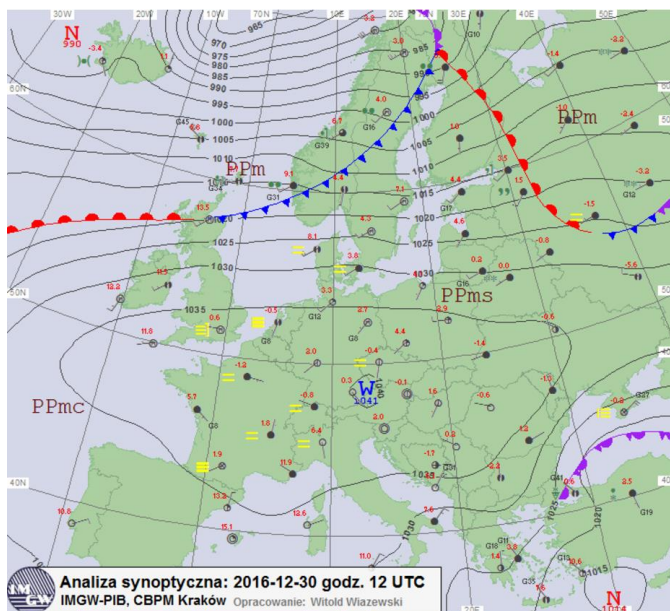
O wysokiej wartości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (udział przeważnie na poziomie 90% z wyjątkiem północno-zachodnich rubieży kraju, gdzie udział ten to 80%). Według obliczeń udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na obszarze całego kraju był niewielki i osiągał wartości maksymalnie do 10%, z wyjątkiem północno-zachodniego, zachodniego oraz południowego pasa przygranicznego, gdzie osiągnięto wartości 30-50% udziału ze źródeł zagranicznych. Polskie źródła emisji mogły mieć pewien wpływ na poziom stężeń we wschodniej części Obwodu Kaliningradzkiego, południowo-wschodnich obszarach Litwy, a także zachodniej Ukrainy i Białorusi, a nawet północnej Rumunii i Mołdawii (udział źródeł krajowych na poziomie 50-90%) oraz w ograniczonym stopniu na Słowacji i Czechach.

4.27. Epizod 27. Od 29 do 31 grudnia 2016 r. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Słowacja)

Sytuacja synoptyczna

W tym okresie Polska znajdowała się pod wpływem rozbudowanego wyżu przemieszczającego się bardzo powoli w kierunku południowo-wschodnim, z centrum zlokalizowanym na granicy niemiecko-austriackiej. Rozcinał on dwie zatoki niskiego ciśnienia - jedną znad obszaru Islandii, drugą z centrum zlokalizowanym nad basenem Morza Śródziemnego. Wyż ten sprzyjał napływowi ciepłych mas powietrza z zachodu. Jednocześnie, z północnego-zachodu nadchodził front chłodny, który niósł za sobą zimne powietrze polarne morskie znad Islandii, nie dotarł on jednak nad obszar Europy Środkowej przed końcem rozpatrywanego okresu. Temperatura wynosiła od -1°C na południowym wschodzie do 4°C w

północnej i południowo-zachodniej części kraju. Brak było zamglenia oraz opadu z wyjątkiem ostatniego dnia tego okresu, kiedy to pojawiły się przelotne opady deszczu oraz umiarkowane zamglenie na północy. We wszystkich rozpatrywanych dniach zachmurzenie na obszarze całej Polski było małe. Przeważnie wiał słaby i umiarkowany wiatr z południowego zachodu oraz z zachodu.



Rysunek 4.27-1. Sytuacja synoptyczna w dniu 30 grudnia 2016 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

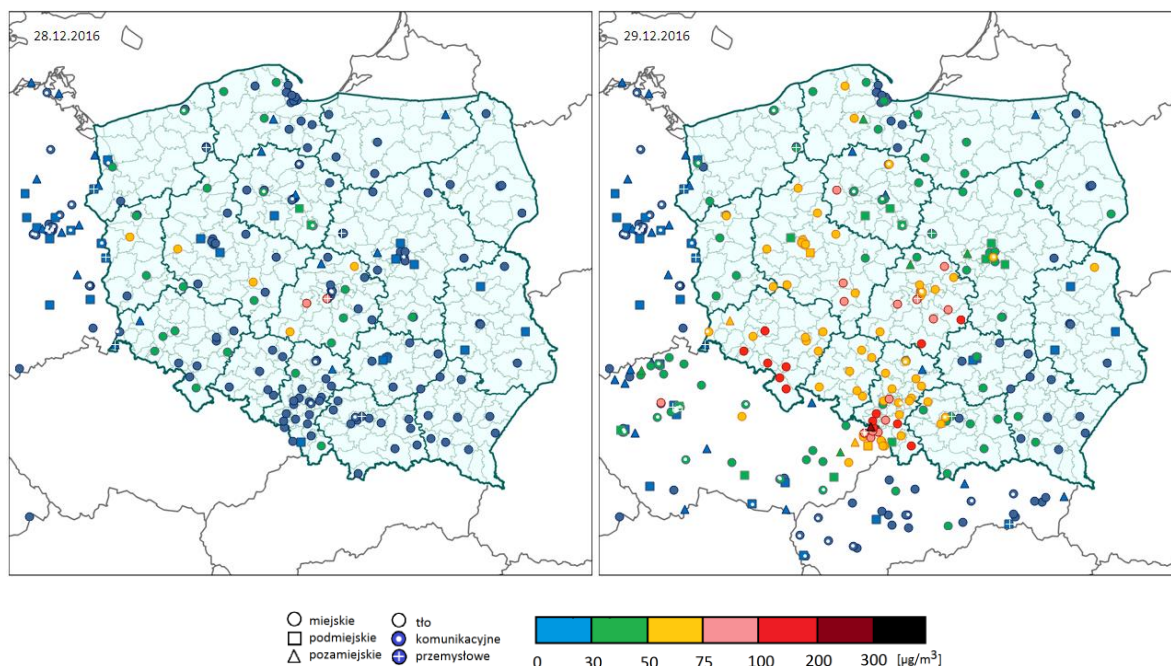
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W dniu 29.12.2016 r. wysokie stężenia PM₁₀ (większe od 75 µg/m³) zarejestrowano na 23 stacjach, głównie w 3 województwach: śląskim, dolnośląskim i łódzkim. Stężenia w Polsce nie przekraczały 170 µg/m³. W Czechach w rejonie Czeskiego Cieszyzna i Ostrawy na 5 stanowiskach stężenia PM₁₀ przekraczały poziom 75 µg/m³. W Lutyni Dolnej stężenie PM₁₀ wynosiło 222 µg/m³.

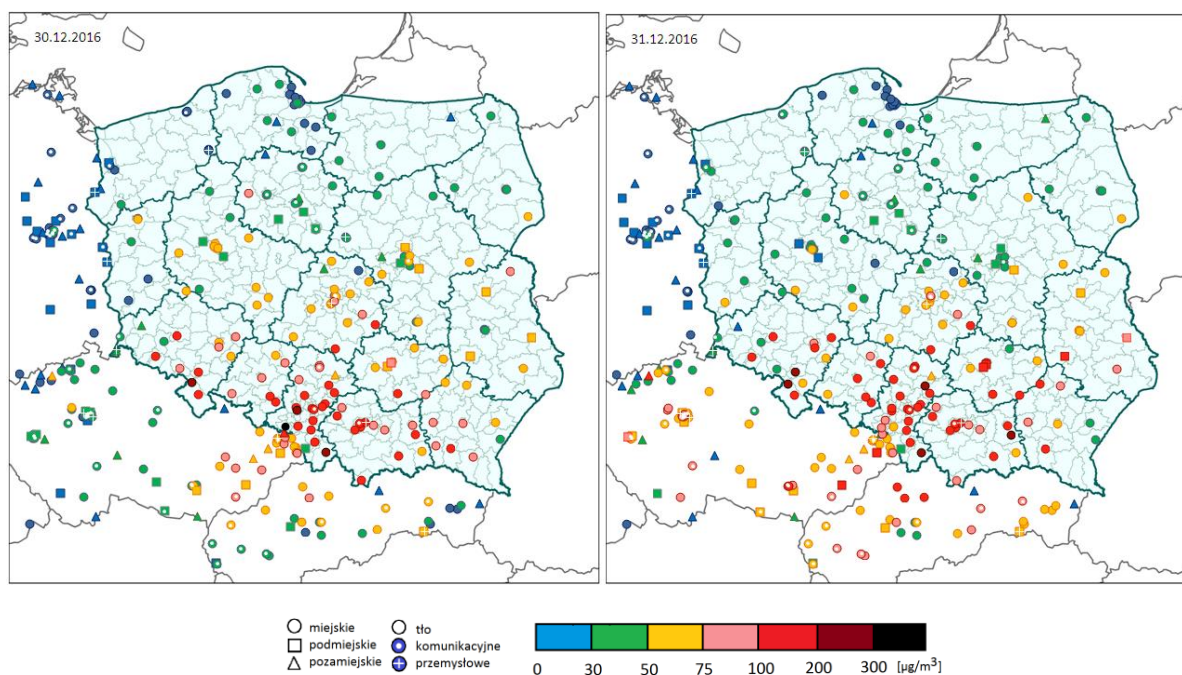
W drugim dniu epizodu (30.12.2016 r.) wzrosły stężenia PM₁₀ w 5 południowych województwach. Poziom epizodu przekroczony był na 57 stacjach w Polsce, w tym we wspomnianych wyżej 5 województwach, ale także na kilku stacjach w woj. łódzkim i świętokrzyskim. Wysokie stężenia PM₁₀ (większe od 75 µg/m³) zarejestrowano na 9 stacjach we wschodniej części Czech oraz na jednej stacji na Słowacji.

W kolejnym dniu (31.12.2016 r.) w dalszym ciągu utrzymywały się wysokie stężenia PM₁₀ w południowej części kraju oraz dodatkowo w woj. łódzkim, świętokrzyskim i lubelskim. Największe stężenie PM₁₀ (268 µg/m³) zarejestrowano w Myszkowie w woj. śląskim. Wysokie stężenia notowane były też na 18 stacjach w Czechach i 10 stacjach na Słowacji.

Podczas trwania epizodu jeden raz wystąpiło przekroczenie poziomu alarmowego, poziom informowania przekroczony był 8 razy.



Rysunek 4.27-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 28-29.12.2016 r.



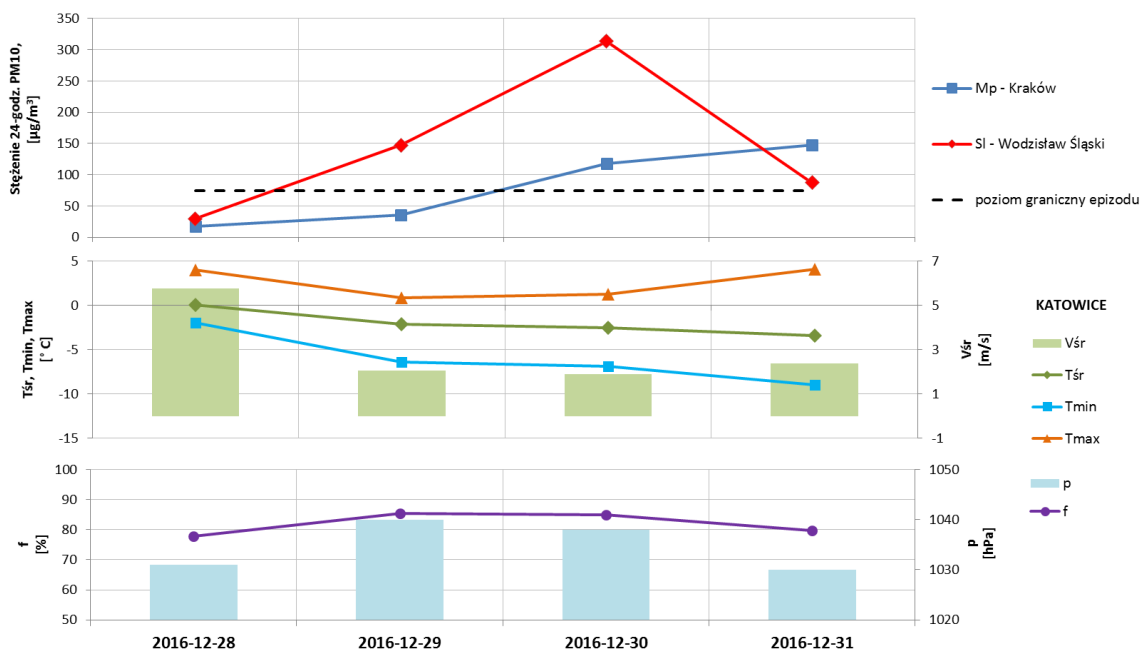
Rysunek 4.27-3. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 30-31.12.2016 r.

Kulminacja epizodu wysokich stężeń PM₁₀ miała miejsce w dniu 30.12.2016 r. W Polsce okresowo występowały zamglenia. Wiatr był słaby, z kierunków zmiennych lub południowych, okresowo panowała cisza. Temperatura powietrza wynosiła od -7 do 1 °C (Katowice). W przyziemnej warstwie atmosfery utworzyła się inwersja temperatury.

W tym dniu stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 51% stanowisk w Polsce, w tym na 54% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 11% stacji pozamiejskich. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 32% stanowisk w kraju (w tym 76% stanowisk w 5 województwach położonych przy południowej granicy Polski), na 35% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stacjach pozamiejskich stężenia nie przekraczały $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 34 stanowiskach w 7 województwach. Poziom informowania przekroczony został na 3 stacjach w Polsce (Nowa Ruda $251 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Knurów $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Żywiec $206 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W Wodzisławiu Śląskim zanotowano stężenie $314 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - przekroczony został tam poziom alarmowy. Na 34% stanowisk w kraju, stężenia średnie dobowe były wyższe od percentyla S95 z rocznych serii stężeń dobowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a dla stanowisk z woj. śląskiego $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 4.27-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 28-31.12.2016 r.

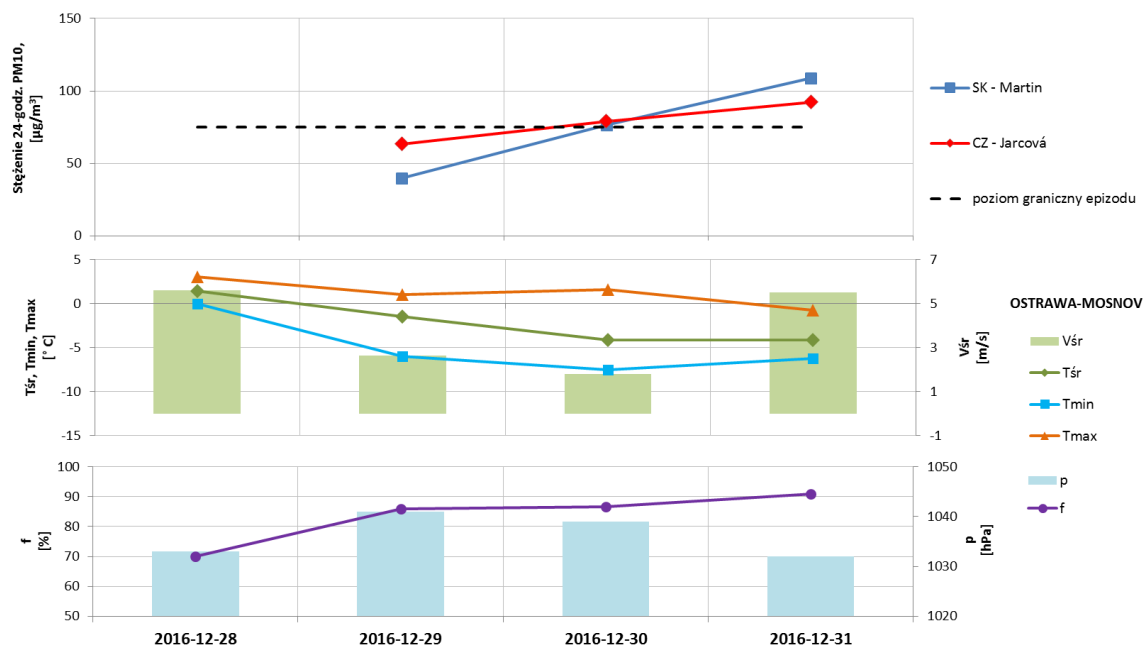
	Jedno -stka	2016-12-29	2016-12-30	2016-12-31
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	49.5	68.4	69.8
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	41	57	51
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	12	31	32
% stanowisk z $\text{S24} > \text{S95}$	%	11	31	34
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	169	314	268
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	51.0	70.9	72.2
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	43	61	54
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	14	33	35
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	169	314	268
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	28.8	35.0	34.1
% stanowisk z $\text{S24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	11	11	11
% stanowisk z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	51	65	68
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	1	6
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	5	5	8
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0



Rysunek 4.27-4. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach

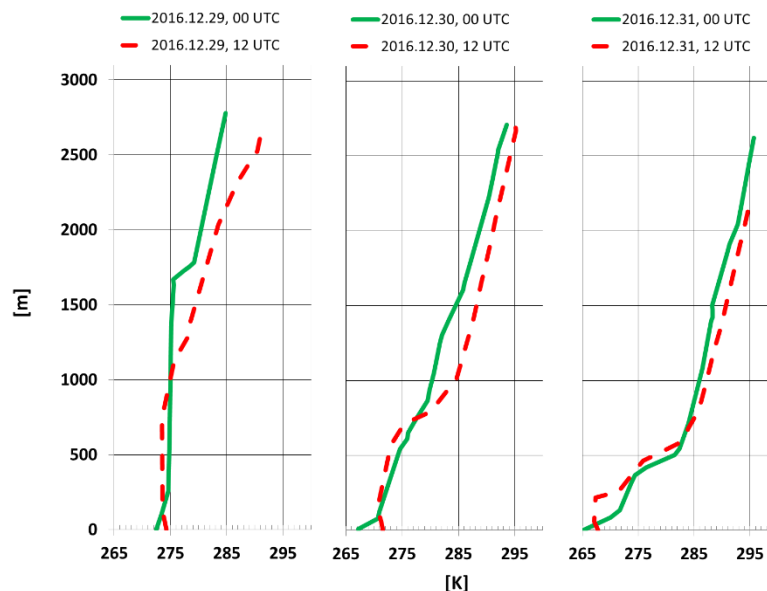
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniach 29-31.12.2016 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były w Czechach na od 6 do 18 stacjach tła, początkowo w rejonie Czeskiego Cieszyńska i Ostrawy, później w wielu miejscach w Czechach. Na Słowacji stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowano w dniu 30.12.2016 r. na od 1 stacji oraz na 10 stacjach w dniu następnym. Dla Czech i Słowacji dniem kulminacyjnym epizodu był 31.12.2016 r.



Rysunek 4.27-5. Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach i na Słowacji oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 29-31.12.2016 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostějov (Czechy, nr stacji: 11747).

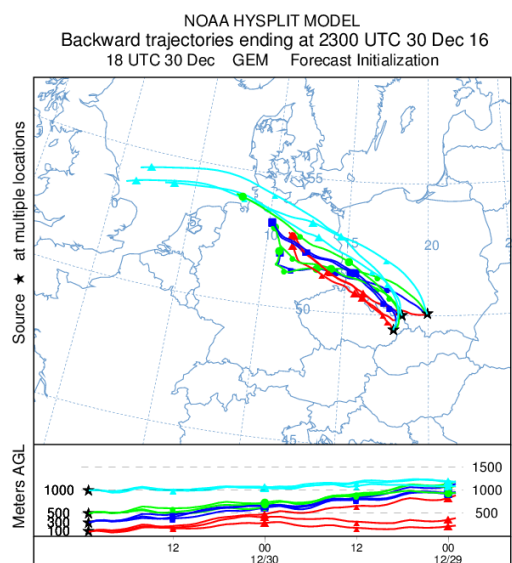


Rysunek 4.27-6. Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondy aerologicznych w Prostějovie w dniach 29-31.12.2016 r.

Wykorzystując wykresy temperatury potencjalnej można określić, iż na przestrzeni tych trzech dni atmosfera coraz silniej dążyła do dominacji równowagi stałej. Każdego dnia tego epizodu w godzinach dziennych do wysokości około 200 m da się zauważyć równowagę

chwiejną bądź lekko chwiejną jak również w nocy pierwszego dnia epizodu na wysokościach 200-1750 m występowała równowaga obojętna widoczna dzięki charakterystycznej izotermii. Przez cały epizod występowała przyziemna inwersja radiacyjna o grubości do 200 m jak również silna inwersja górna mająca charakter inwersji wyżowej, stale obniżająca się początkowo od wysokości ok. 1750 m pierwszego dnia epizodu do wysokości 250 m dnia ostatniego. Na przestrzeni tych dni wystąpiła znaczna tendencja do spadku temperatury przy powierzchni ziemi od początkowej między 1°C w nocy a 3°C za dnia, finalnie do -8°C w nocy i -5°C w godzinach dziennych.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.27-7. Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 30 grudnia 2016 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla kulminacyjnego dnia epizodu (30.12.2016 r.) dla miejscowości, w których wystąpiły wtedy wysokie stężenia PM10. Były to Kraków ($118 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Wodzisław Śl. ($314 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim oraz Jarcová ($79 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w Czechach.

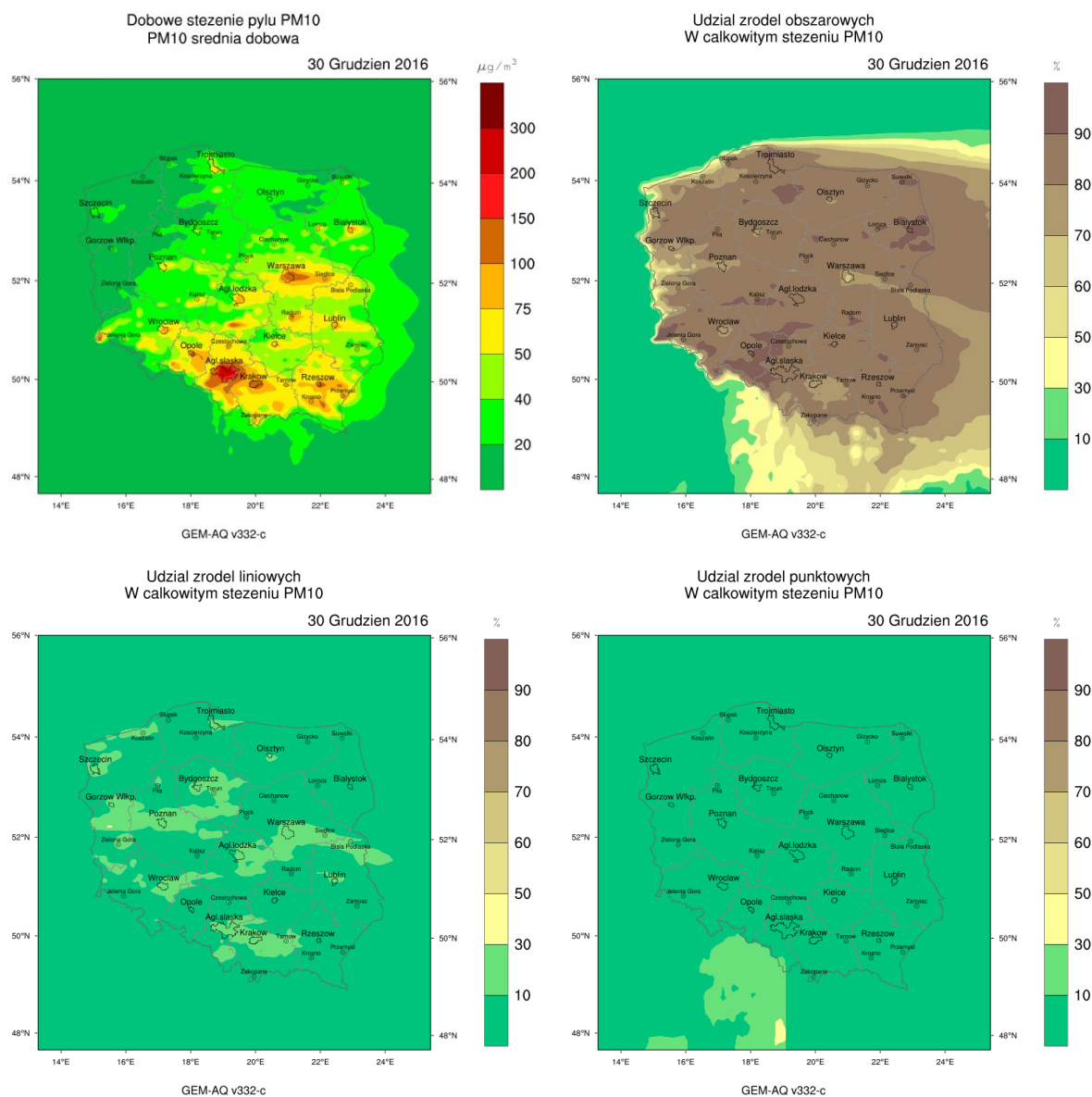
Trajektorie wskazują na napływ powietrza z północnego zachodu. Trajektorie o końcowej wysokości 100 m prowadzą z terenu Niemiec, następnie wzdłuż polsko-czeskiej granicy prowadzą do Wodzisławia i Jarcovej oraz poprzez woj. śląskie i małopolskie do Krakowa.

Trajektorie dla 300 m prowadzą również z terenu Niemiec i następnie nad Polską w pobliżu granicy polsko-czeskiej na południowy wschód do miast docelowych.

Trajektorie 300 m, 500 i 1000 m do Jarcovej docierają od strony południowej części woj. śląskiego oraz znanego rejonu Czeskiego Cieszyna i Ostrawy.

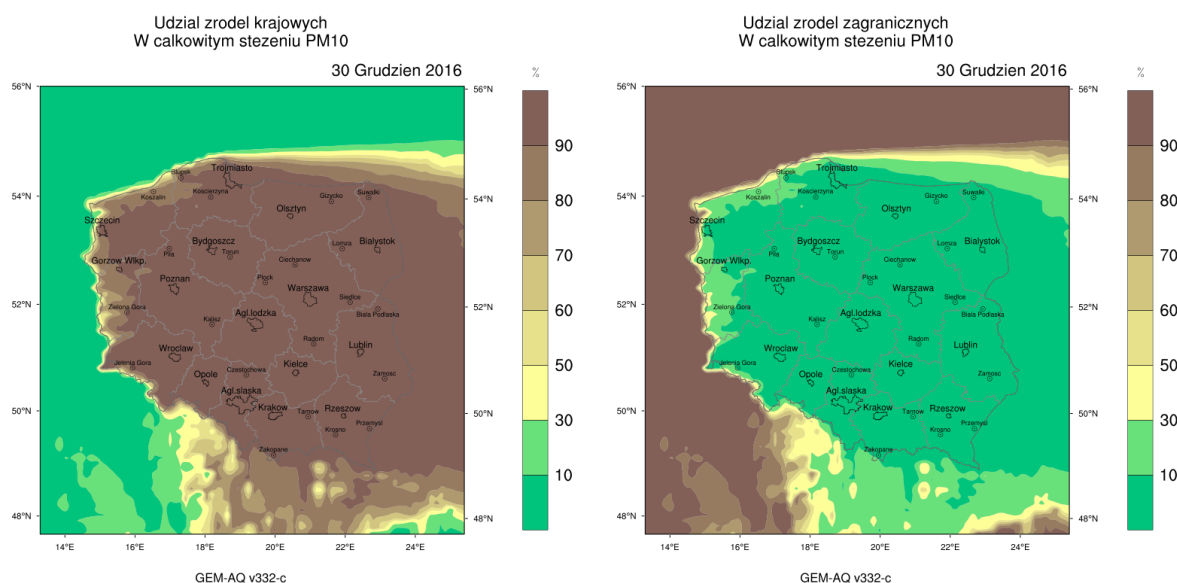
Przestrzenny rozkład stężeń i udział kategorii źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 30.12.2016 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w centrum, na południu i południowym wschodzie Polski, choć z drugiej strony na pozostałym obszarze kraju zauważalne były dość niewielkie regiony, gdzie stężenie PM10 było wysokie, przeważnie w większych miastach oraz na obszarach bezpośrednio do nich przylegających, takich jak Trójmiasto, Poznań czy Białystok. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A1 od Torunia do Łodzi, A2 na odcinku Łódź-Biała Podlaska, i A4 od Opola po Tarnów oraz dróg ekspresowych nr 1 i nr 12.



Rysunek 4.27-8. Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 30 grudnia 2016 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (lokalnie do 90% wartości stężenia dobowego, przeważnie 70-80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany był na 70-90%. Udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) nie był wysoki - osiągał wartość 10-30% i miał miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1 i nr 12 oraz autostrada A1, A2 i A4), jak również na terenach aglomeracji oraz na obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀, gdzie ta kategoria źródeł emisji osiągnęła analogiczne wartości procentowe. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był nieznaczny i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.27-9. Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 30 grudnia 2016 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Udziału źródeł krajowych wynosił przeważnie 90%, za wyjątkiem północno-zachodnich rejonów kraju, gdzie udział tych źródeł był niższy o 10%. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu pyłu PM₁₀ na terenach położonych wzdłuż wszystkich granic kraju oraz wschodnich obszarów województwa lubuskiego i zachodniopomorskiego, jak również północno-zachodniej części województwa pomorskiego (od 30% do nawet 50% w pasie przygranicznym). Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ w południowej części Obwodu Kaliningradzkiego, na obszarach zachodniej Białorusi i Ukrainy, Słowacji oraz wschodnich Czech, ale też północnych Węgier i Mołdawii (50-90% udziału ze źródeł krajowych).

5. ANALIZA JAKOŚCI MODELOWANIA

5.1. Ewaluacja modelowania - pył PM10

Modelowanie przemian i transportu pyłu PM10 w atmosferze w trakcie trwania epizodów wysokich stężeń tego zanieczyszczenia wykonane zostało z użyciem modelu GEM-AQ, na siatce o rozdzielczości 10x10 km. W wykonanym modelowaniu zastosowano bazę emisyjną dla Polski na rok 2015 otrzymaną od Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, oraz bazę emisyjną dla Europy na rok 2014 pozyskaną z bazy danych EMEP.

W przeprowadzonym testowym modelowaniu otrzymano wysoce zawyżone stężenia pyłu PM10 nad terytorium Polski. Przyczyną okazały się być strumienie emisji z krajowej bazy emisyjnej otrzymanej od zamawiającego, które były o ponad rząd wielkości większe w porównaniu ze strumieniami emisyjnymi z baz europejskich na których wykonawca do tej pory pracował i pracuje. Z uwagi na wysoką rozdzielczość bazy emisyjnej dla Polski, dającej szansę uzyskania precyzyjnych wyników dla całego kraju, zdecydowano się wykorzystać otrzymane dane w modelowaniu, jednakże przeprowadzając wcześniej szereg działań mających na celu redukcję zawartych tam strumieni emisji.

Ocenę jakości przeprowadzonego modelowania dla wartości stężeń pyłu PM10 wykonano na podstawie danych ze stacji obserwacyjnych znajdujących się zarówno na terytorium Polski, jak i państw sąsiadujących: Niemiec, Słowacji oraz Czech. Ze wszystkich dostępnych stacji pomiarowych wybrano 327 (w tym 202 z terytorium Polski) – czyli każdą której pokrycie danymi w trakcie trwania epizodów wynosiło ponad 80%. Epizody w latach 2015-2016 były zazwyczaj epizodami o dużym zasięgu przestrzennym, a wykorzystanie dużej ilości danych daje o wiele większą szansę na przeprowadzenie rzetelnej ewaluacji.

Dla tychże stacji obliczono następujące statystyki błędów:

- NMB (Normalized Mean Bias) - znormalizowane odchylenie średnie,
- NMSE (Normalised Mean Square Error) - znormalizowany błąd średniokwadratowy,
- RMSE (Root Mean Squared Error) - błąd średni standardowy
- Współczynnik korelacji liniowej Pearsona

Z uwagi na zazwyczaj krótki czas wystąpienia epizodów wysokich stężeń (zwykle od dwóch do pięciu dni) oraz analizę średnich dobowych nie przeprowadzono ewaluacji na poszczególne epizody, gdyż dawałoby to wyniki statystycznie nieistotne. Ewaluację przeprowadzono dla serii połączonych epizodów (w sumie 97 dni). Wykonana w ten sposób ocena jakości modelowania pozwoliła na wykorzystanie znacznie większej ilości ciągłych danych, dzięki czemu uzyskane statystyki błędów oraz współczynnik korelacji mogą w lepszym stopniu oddać zgodność modelowanych stężeń w stosunku do obserwacji. W tabeli 5.1-1 przedstawiono miary błędów i współczynnik korelacji dla uśrednionych stężeń po wszystkich stacjach.

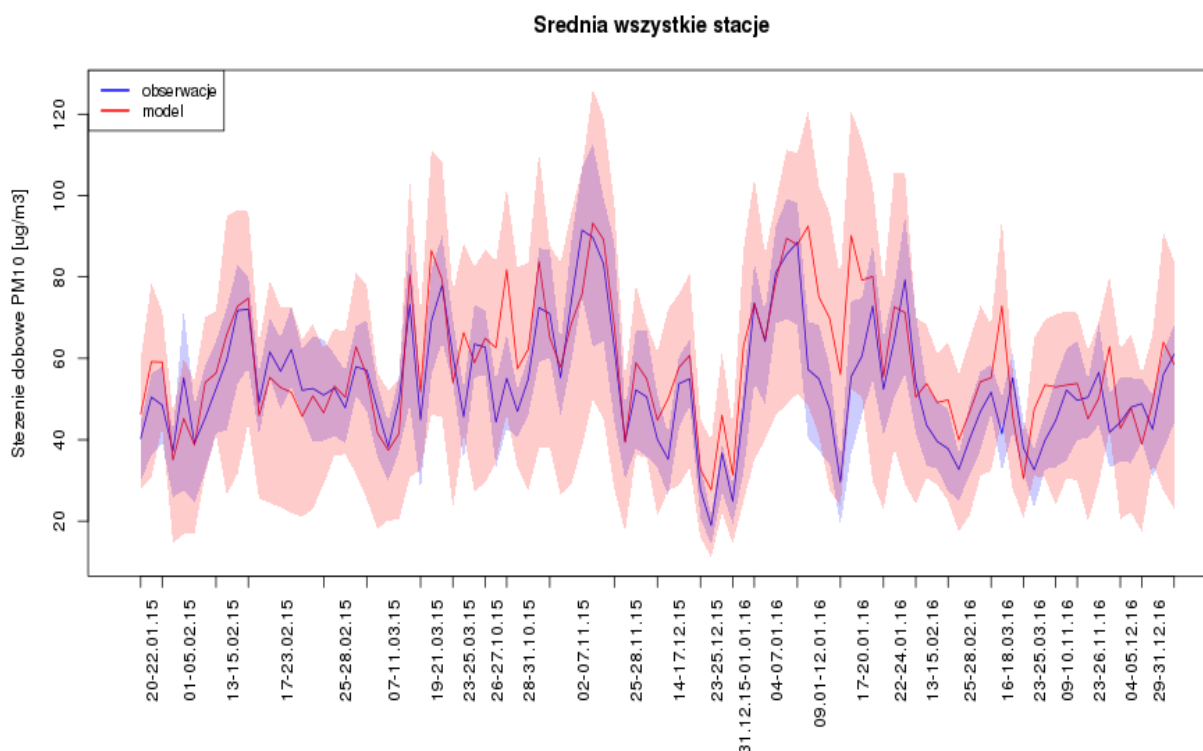
Tabela 5.1-1. Miary błędów modelowania pyłu PM10 w trakcie epizodów, średnia dla wszystkich stacji.

Współczynnik korelacji	NMB	NMSE	RMSE
0,72	4,89	0,02	11,02

Statystyki jakości modelowania ujęte w powyższej tabeli zostały obliczone dla wszystkich stacji. Współczynnik korelacji wynoszący 0,78 dla średniej wartości stężeń modelowanych i obserwowanych jest wysoki i oznacza, że model zazwyczaj poprawnie odwzorowywał pomierzone stężenia. Korelacja otrzymana w tym etapie jest większa od uzyskanej w poprzednich latach. Oznacza to, że wysokorozdzielcza baza emisyjna dla Polski po zastosowaniu redukcji strumieni emisyjnych okazała się być dokładniejsza i bardziej aktualna od zastosowanej w poprzednim roku. Jednak wskazana jest dalsza praca nad emisjami w celu osiągnięcia gotowej do wykorzystania bazy danych na podstawie której otrzymać będzie można odpowiednio zbilansowane stężenia zanieczyszczeń

W tabeli 5.1-1 widać dodatnią, niską wartość znormalizowanego odchylenia średniego, jeszcze niższą od otrzymanej w poprzednim etapie. W tegorocznym opracowaniu ponownie brane są pod uwagę wyłącznie dni epizodów, w trakcie których stężenia pyłów na stacjach pomiarowych z reguły znacznie przekraczały dobową wartość dopuszczalną tego zanieczyszczenia – czyli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jednakże, wzięcie pod uwagę większości stacji przekłada się na wykorzystanie danych również z obszarów o niższych stężeniach, co podnosi dokładność obliczonego błędu i wpływa na jego obniżenie. Znormalizowane odchylenie średnie na dużej większości stacji było nieco przeszacowane (zwłaszcza w aglomeracjach) i wynosiło zazwyczaj poniżej 15%. Bardzo mała wartość (setne części $\mu\text{g}/\text{m}^3$) znormalizowanego błędu średniokwadratowego jest niemal identyczna jak w poprzednim etapie.

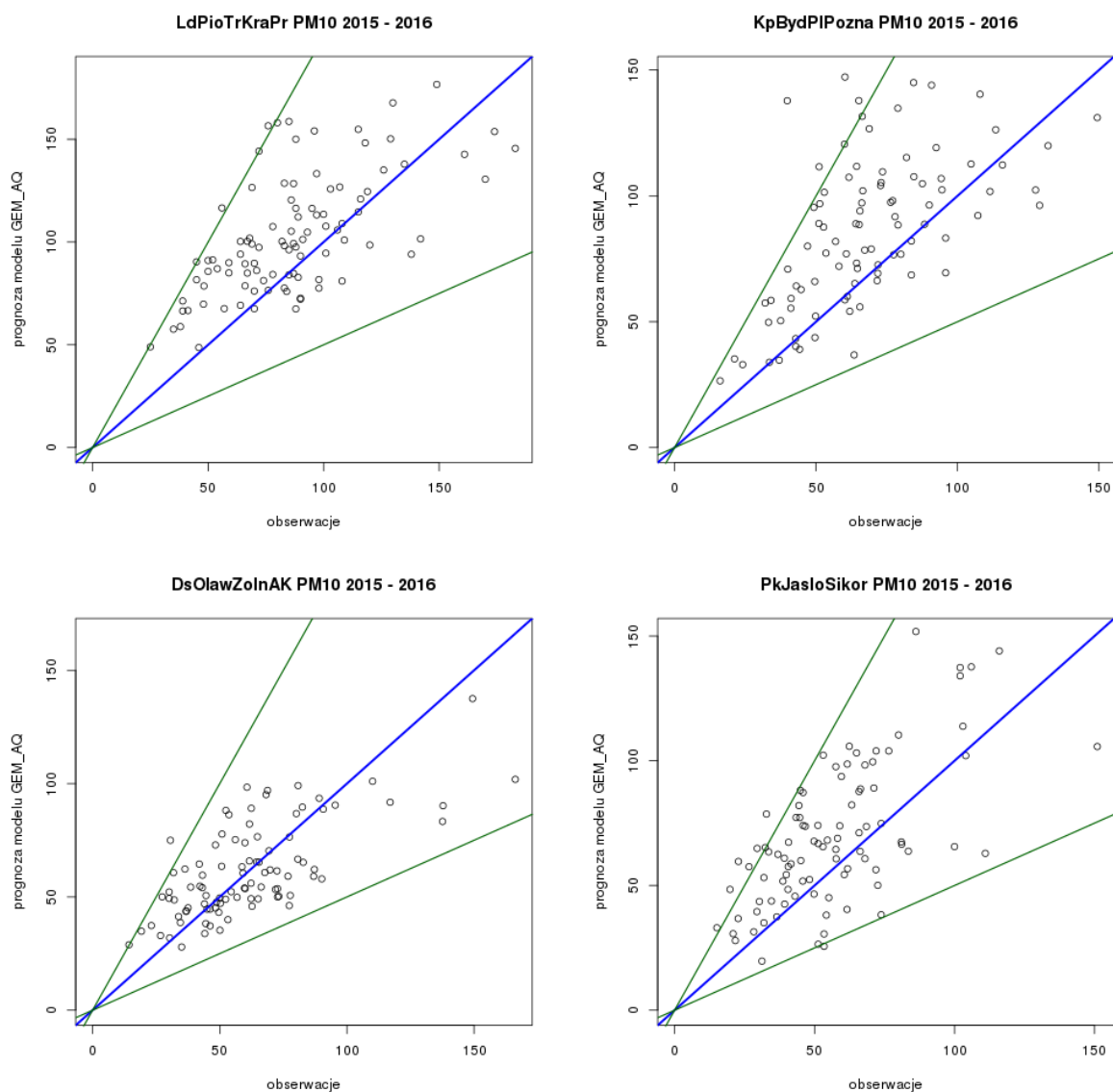
Średni błąd standardowy RMSE przedstawia największe rozbieżności między modelem a obserwacjami. Jego średnia wartość wynosząca nieco ponad $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jest niska, co również może być pokłosiem uwzględnienia większej ilości stacji, w tym stacji o mniejszych przekroczeniach. Ponownie na podwyższenie tej wartości w głównej mierze wpływ miały stacje zlokalizowane w dużych aglomeracjach lub miastach, gdzie strumień emisji był zdecydowanie przeszacowany.



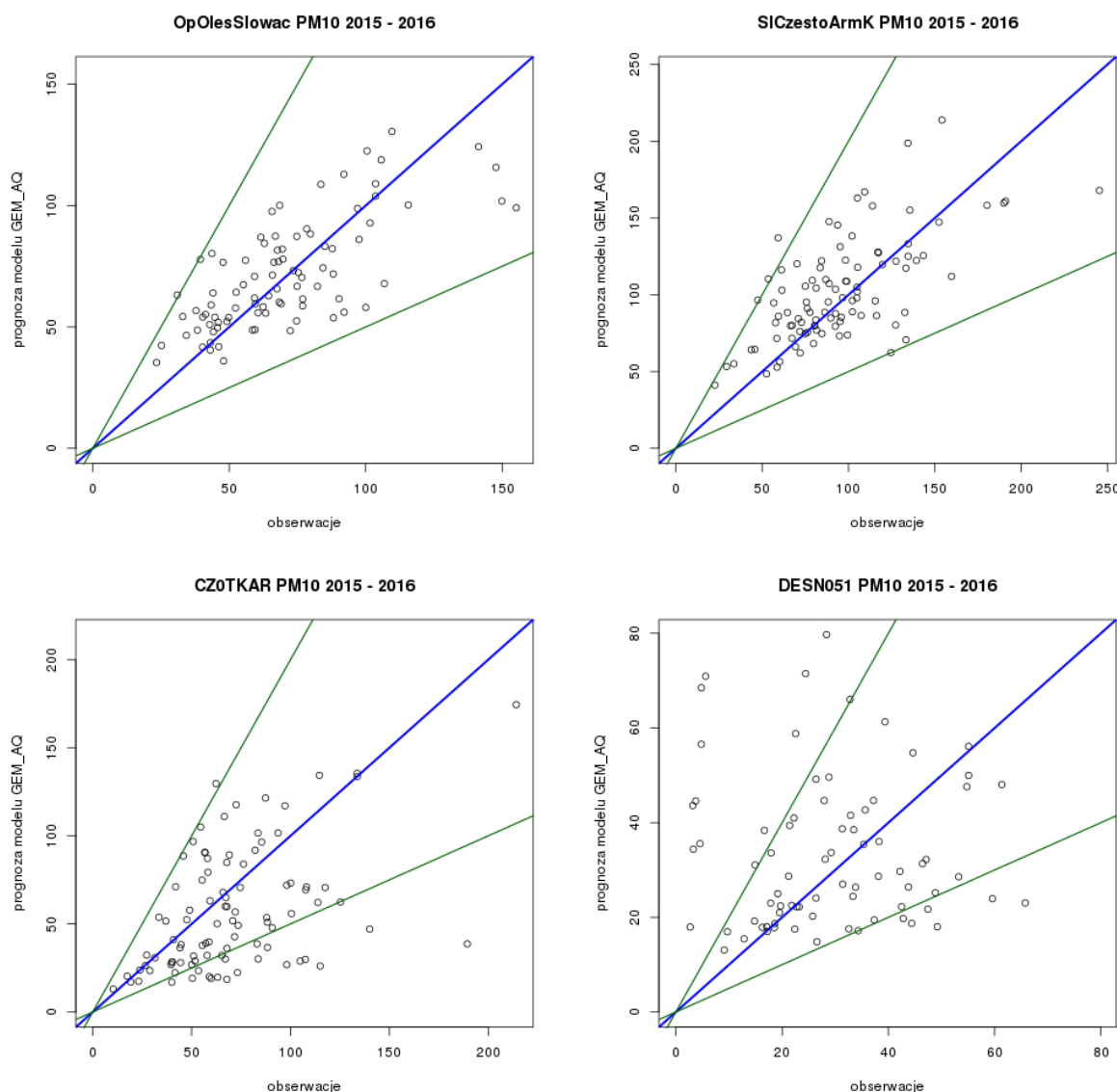
Rysunek 5.1-1. Średnie stężenie pyłu PM₁₀: modelowane (czerwona linia) oraz pomierzone (niebieska linia) na stacjach wybranych do ewaluacji w trakcie trwania epizodów, wraz z zaznaczeniem górnego i dolnego kwantyla (model – czerwony poligon, obserwacje – niebieski poligon).

Rysunek 5.1-1 przedstawia serię czasową uśrednionego przebiegu modelowanych i obserwowanych stężeń pyłu PM₁₀ w trakcie trwania epizodów (kolorowe linie). Pomimo przeszacowania model zazwyczaj odpowiednio reagował zarówno na krótkoterminowe jak i długoterminowe zmiany w stężeniu pyłu PM₁₀ w atmosferze. Bardzo dobrą zgodność wykazują epizody na początku i końcu roku 2015, gdzie model odtworzył zarówno duże skoki stężeń, jak i spadek poziomu zanieczyszczenia pod koniec miesiąca. Nieco gorzej odtworzone zostały epizody w październiku roku 2015 i styczniu roku 2016, gdzie model dość znacznie zawyżył średnie dobowe w tych dniach. Poza podanym powyżej przykładem epizody w 2016 roku zostały w większości poprawnie odtworzone, z nieznaczną tendencją do przeszacowania.

Kwantyl górny i dolny (kolorowe poligony w tle linii przebiegu stężeń) wyznaczają odpowiednio 75 i 25 procent próby wziętej do ewaluacji. Oznacza to, że kolorowy obszar stanowi 50% obserwacji i stężeń modelowanych. Na wykresie widać, że większość z tych obszarów nakłada się na siebie, co dodatkowo pokazuje zgodność modelu do obserwacji. Widoczne jest również znacznie większe zróżnicowanie wyników modelowych, co może być spowodowane dużymi różnicami w strumieniach emisyjnych między aglomeracjami a małymi miastami i pozostałym terytorium kraju.



Rysunek 5.1-2 a. Wykresy rozproszenia dla stacji w miastach (od górnego lewego panelu) : Piotrków Trybunalski, Bydgoszcz, Oława, Jasło.



Rysunek 5.1-3 b. Wykresy rozproszenia dla stacji w miastach (od górnego lewego panelu) : Oleśno, Częstochowa, Karwina i Żytawa.

Wykresy rozproszenia przedstawiają graficznie korelację i odchylenia wartości prognozowanych pyłu PM₁₀ względem pomiarów (Rysunek 5.1-2 a,b). Dodatkowo dodano zielone linie przedstawiające niepewności modelowania według dyrektywy 2008/50/WE. W wymienionych stacjach Polskich i zagranicznych widać, że kryterium unijne dotyczące niepewności modelowania zostało spełnione lub jest bardzo bliskie spełnienia. Na pozostałych stacjach sytuacja wygląda bardzo podobnie, z wyłączeniem stacji w aglomeracjach gdzie widoczne jest duże przeszacowanie wyników modelowych. Zauważalna tendencja do przeszacowania przez model, zwykle wartości niskich związana jest głównie z zawyżonym strumieniem emisji i nie dość dobrze odwzorowanym profilem czasowym uwalniania zanieczyszczeń. Przeszacowanie stężeń pyłu PM₁₀ jest szczególnie widoczne w przypadku największych Polskich miast (Trójmiasto, Warszawa, Łódź, Aglomeracja Śląska, Kraków itd.).

5.2. Ewaluacja modelowania – temperatura i wiatr

Sprawdzalność modelu w odniesieniu do temperatury i prędkości wiatru została wykonana w narzędziu DELTA tool. Narzędzie to zostało stworzone przez społeczność FAIRMODE (Forum for air quality modelling in Europe) do ewaluacji modeli jakości powietrza. Głównym zadaniem DELTA tool jest ewaluacja modeli użytych w ocenach jakości powietrza. Zastosowanie narzędzia w przypadku prognoz jest wciąż w fazie testów, natomiast wykonanie sprawdzalności dla temperatury i prędkości wiatru stanowi opcję dodatkową. DELTA tool do poprawnej pracy potrzebuje rocznego zestawu danych godzinnych, co w przypadku niniejszego opracowania nie jest możliwe – wykonane modelowanie pokrywa wyłącznie dni epizodyczne. Istnieje wprowadzić możliwość uruchomienia narzędzia na mniejszym zestawie danych, ale w tym przypadku autorzy DELTA Tool zalecają dużą ostrożność w interpretacji uzyskanych wyników.

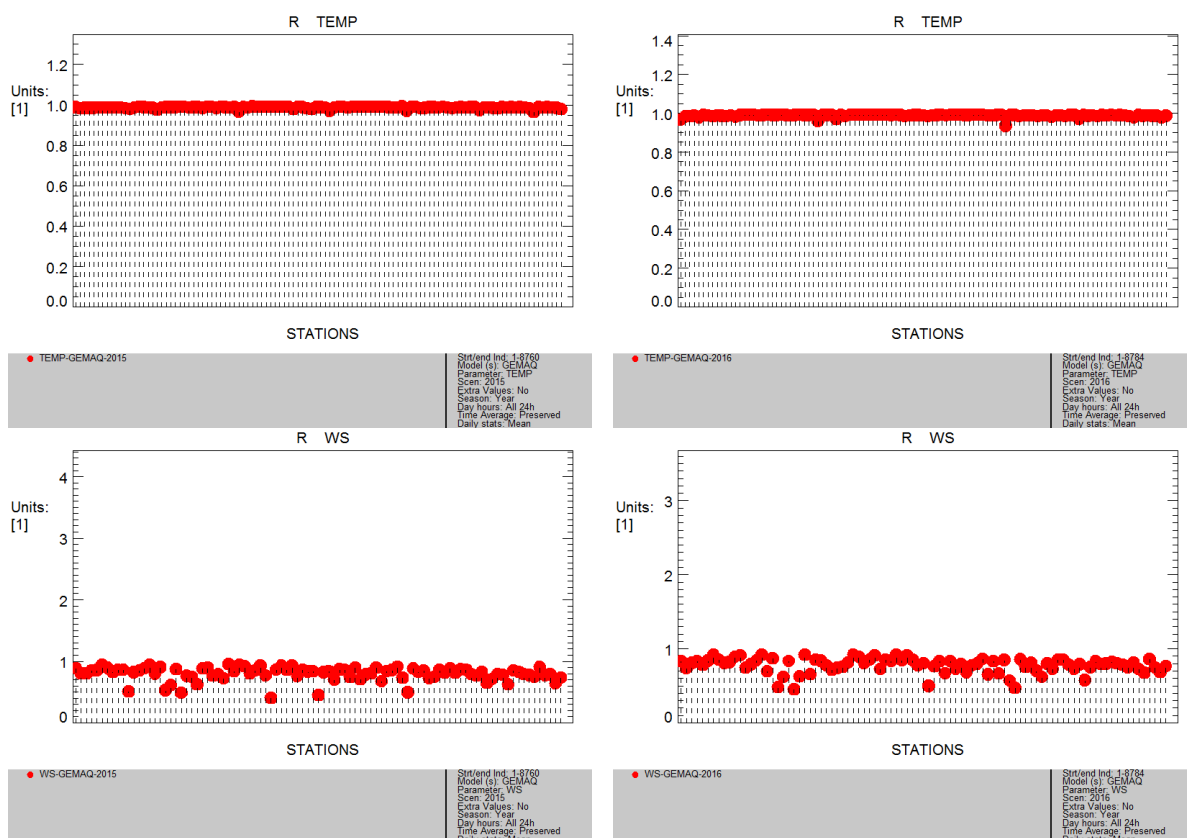
W ewaluacji uwzględniono średnie godzinne dane pochodzące ze 107 polskich stacji pomiarowych w przypadku prędkości wiatru, oraz 116 stacji w przypadku temperatury. Podobnie jak w przypadku pyłu do ewaluacji wykorzystano wszystkie stacje posiadające wystarczającą ilość poprawnych danych (przyjęto próg pokrycia danymi wynoszący 80%). Również, podobnie jak w przypadku sprawdzalności modelu pod kątem stężeń pyłu PM10, potraktowano dane meteorologiczne w trakcie epizodów jako ciąg. W tabeli 5.2-1 przedstawiono miary błędów i współczynnik korelacji dla uśrednionych stężeń prędkości wiatru i temperatury powietrza.

Tabela 5.2-1. Miary błędów modelowania temperatury i prędkości wiatru w trakcie epizodów, średnia dla wszystkich stacji.

Parametr	Współczynnik korelacji	NMB	NMSE	RMSE
Temperatura	0,97	-1,43	0,03	2,01
Prędkość wiatru	0,88	0,54	0,01	0,73

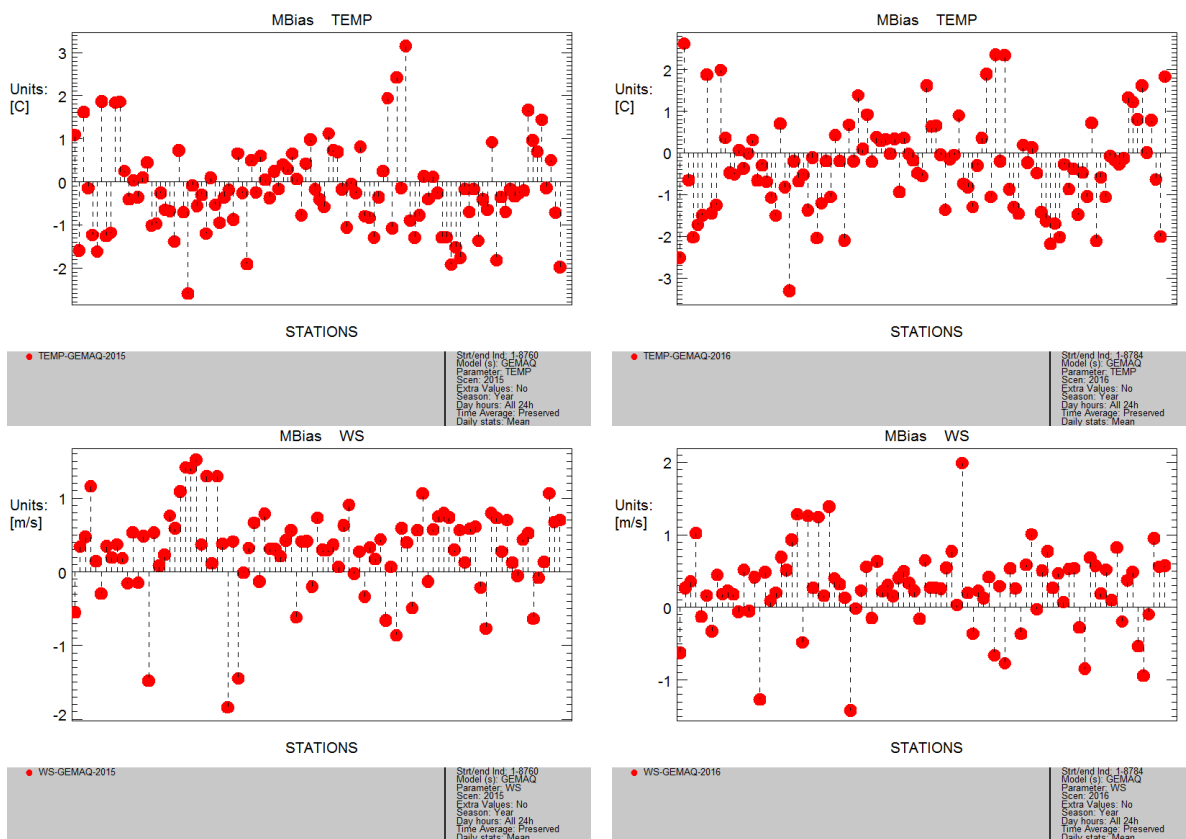
Statystyki jakości modelowania ujęte w powyższej tabeli przedstawiają średni charakter błędów obliczony dla wszystkich stacji łącznie. Średni współczynnik korelacji wynoszący ponad 0,97 dla temperatury i 0,88 dla prędkości wiatru wskazuje na bardzo dobre odwzorowanie przez model zaobserwowanych warunków meteorologicznych. Podobnie wygląda sprawa miar błędów i znormalizowanego odchylenia średniego. Ujemne odchylenie w przypadku temperatury wskazuje na zaniżanie przez model temperatury o około półtorej stopnia, natomiast dodatnie w przypadku wiatru oznacza nieznaczne przeszacowanie modelowanych prędkości wiatru. Średni błąd standardowy bardzo bliski odchyleniu standardowemu wskazuje na brak sytuacji ekstremalnych, gdy wartości z modelu znacznie różniłyby się od tych pomierzonych na stacjach.

Ewaluacja sprawdzalności prędkości wiatru oraz temperatury w narzędziu DELTA tool obejmowała obliczenie współczynnika korelacji, średniego oraz całkowitego błędu dla poszczególnych stacji pomiarowych. Dodatkowo wykonano diagramy Taylora dla poszczególnych lat, które w bardzo dobry sposób podsumowują zgodność statystyczną danych modelowych w stosunku do danych pomiarowych.



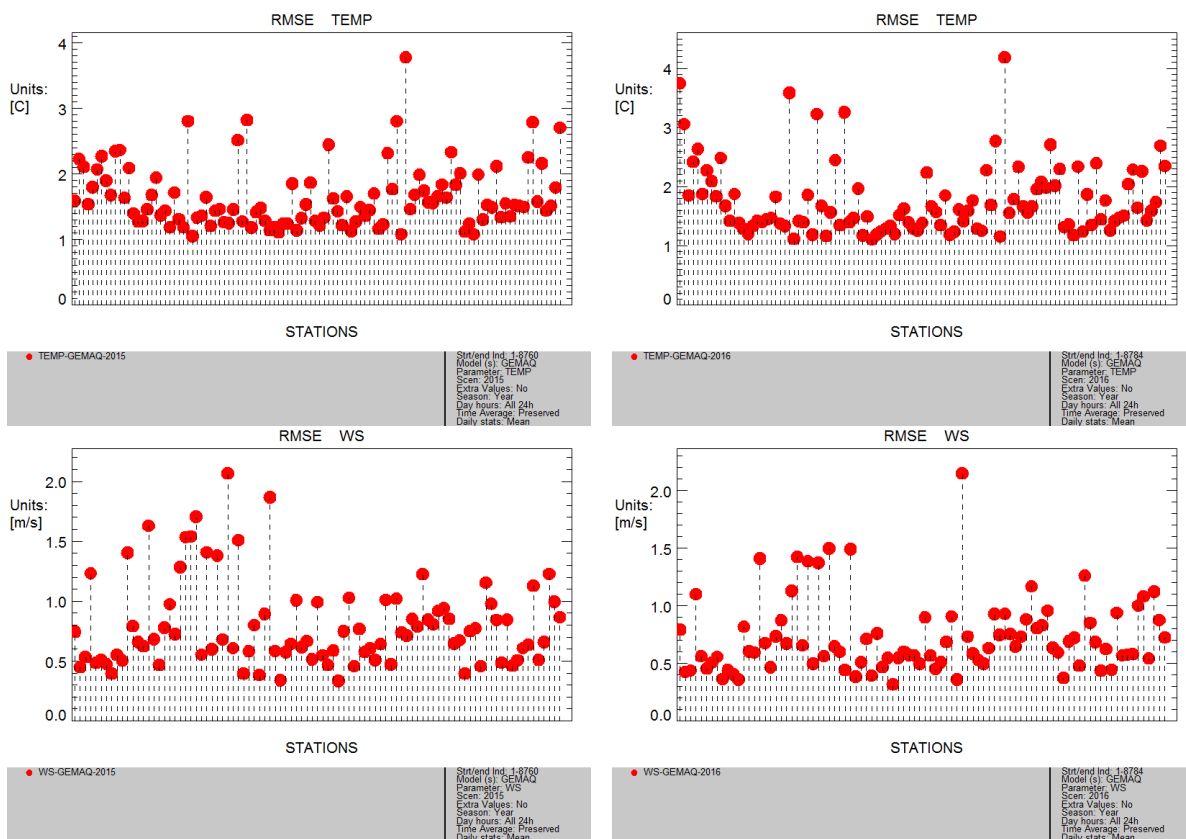
Rysunek 5.2-1 Miary korelacji dla poszczególnych stacji pomiarowych obliczone w DELTA tool. Górny panel – temperatura; dolny panel – prędkość wiatru. Lewy panel – rok 2015; prawy panel – rok 2016

Wykresy słupkowe obrazujące współczynnik korelacji uzyskany dla poszczególnych stacji monitoringowych wskazują na niemal idealną zgodność dla wszystkich stacji w przypadku temperatury, oraz bardzo dobrą zgodność w przypadku prędkości wiatru (rysunek 5.2-1). Jedynie na pojedynczych stacjach korelacja modelowanej prędkości wiatru do zaobserwowanej była gorsza i wynosiła w granicach 0,5 do 0,8.



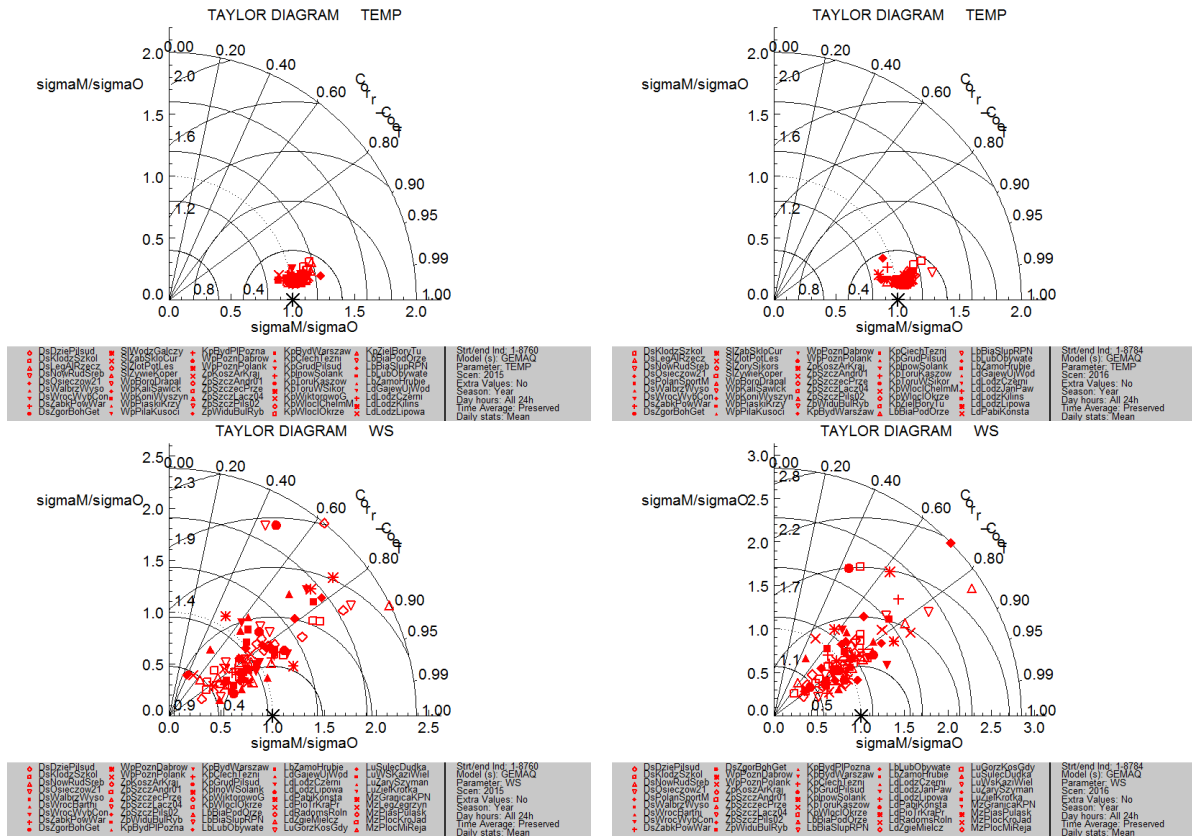
Rysunek 5.2-2 Miary błędów średnich dla poszczególnych stacji pomiarowych obliczone w DELTA tool.
 Górny panel – temperatura; dolny panel – prędkość wiatru. Lewy panel – rok 2015; prawy panel – rok 2016

Wykresy słupkowe obrazujące średnie błędy danych modelowych w porównaniu z danymi obserwacyjnymi wskazują na nieznaczne zaniżanie temperatury przez model w przypadku większości stacji, oraz nieznaczne zawyżanie średnich prędkości wiatru (rysunek 5.2-2). Większość błędów dla temperatury powietrza jest niska i zawiera się w przedziale od 1 do -1,5°C, tylko na niewielu stacji przekraczając te wartości. Błędy średnie dla prędkości wiatru w dużej większości zawierają się w przedziale od -0.5 do 1 m/s i wykazują tendencje modelu do nieznacznego przeszacowywania siły wiatru.



Rysunek 5.2-3 Miary błędów całkowitych dla poszczególnych stacji pomiarowych obliczone w DELTA tool. Górny panel – temperatura; dolny panel – prędkość wiatru. Lewy panel – rok 2015; prawy panel – rok 2016

Wykresy słupkowe obrazujące całkowite błędy danych modelowych w porównaniu z danymi obserwacyjnymi przedstawiają największe rozbieżności modelu w stosunku do obserwacji dla poszczególnych stacji (rysunek 5.2-3). Ich niskie wartości zarówno dla temperatury powietrza (większość błędów w przedziale 1 – 2,5°C) jak i prędkości wiatru (prawie wszystkie błędy w przedziale 0,5 – 1,5 m/s) wskazują na brak sytuacji w których model byłby bardzo rozbieżny w porównaniu z rzeczywistymi warunkami meteorologicznymi.



Rysunek 5.2-4 Diagramy Taylora dla poszczególnych stacji pomiarowych obliczone w DELTA tool. Górny panel – temperatura; dolny panel – prędkość wiatru. Lewy panel – rok 2015; prawy panel – rok 2016

Diagramy Taylora wykonane dla wszystkich stacji monitoringowych wykorzystanych do ewaluacji w spójny i skondensowany sposób przedstawiają wszystkie miary statystyczne opisujące zgodność dwóch ciągów danych – modelowanych i obserwowanych wartości temperatury i prędkości i wiatru (rysunek 5.2-4). Uzyskane wykresy potwierdzają bardzo dobrą zgodność modelowanych przez GEM-AQ wskaźników meteorologicznych, przy relatywnie niskich błędach średnich i małym odchyleniu standardowym. W przypadku temperatury diagramy wskazują na niemal idealne odwzorowanie realnego stanu. Prędkość wiatru wykazuje bardzo dobrą zgodność przy nieco większych wartościach odchylenia.

6. PODSUMOWANIE

Celem niniejszego etapu pracy było dokonanie analizy przebiegu wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 w Polsce oraz krajach ościennych w latach 2015-2016, a także określenie przyczyn ich wystąpienia.

Na podstawie serii wyników pomiarów stężeń wybrano 27 epizodów, które spełniały założone kryteria. Przeprowadzono analizę sytuacji synoptycznej w dniach objętych epizodem, a także opisano zasięg, intensywność i zmienność epizodów bazując na danych pomiarowych ze stacji tła miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego. Korzystając z danych pochodzących z sondaży aerologicznych opisano występujące podczas epizodów stany równowagi atmosfery i występowanie sytuacji inwersyjnych. Dla wybranych lokalizacji przeprowadzono symulacje trajektorii wstecznych dla czterech wysokości, pozwalające na analizę odległości, kierunków i prędkości napływu mas powietrza na obszar objęty epizodem. Wykonane modelowanie matematyczne pozwoliło na dodatkową ocenę zasięgu epizodów, a także udziału poszczególnych kategorii źródeł emisji i wpływu transgranicznego transportu pyłu na kształtowanie się stężeń PM10.

Analizowane w pracy epizody występowały w okresach chłodnych uwzględnionych lat, tj. od stycznia do marca oraz od października do grudnia. Pod względem meteorologicznym w sezonach chłodnych lat 2015 i 2016 średnia temperatura powietrza na większości terytorium kraju była wyższa od średniej dla wielolecia 1971-2000 o 1-2 °C. W przypadku obu analizowanych lat w I kwartale wystąpiła większa liczba sytuacji smogowych niż w IV kwartale.

W 2016 r. stężenia PM10 były niższe niż rok wcześniej. W roku 2016 stężenie średnie roczne przekroczyło poziom dopuszczalny na 10% stacji, w roku 2015 na 17%. Poziom 50 µg/m³ przekroczony był więcej niż 35 dni w roku na 72% stanowisk w 2015 r. i na 56% stacji w 2016 r. (wyniki przed zatwierdzeniem).

Zgodnie z przyjętą metodyką wybrane do analizy epizody wystąpiły w odrębnych, niepokrywających się, terminach. Analizy przeprowadzono chronologicznie, obejmowały one obszar całego kraju, a także państw ościennych, w przypadkach gdy rejestrowano tam wysokie stężenia PM10. Epizody trwały od 2 do 7 dni. W tych okresach zasięg przestrzenny epizodów często ulegał zmianom, zwłaszcza w przypadku tych dłuższych. Najczęściej pod wpływem epizodów pozostawały województwa południowe - śląskie i małopolskie, a także łódzkie. Najrzadziej sytuacja taka występowała w północnym oraz północno-wschodnim rejonie Polski, w województwach: zachodniopomorskim, pomorskim, warmińsko-mazurskim i podlaskim. Spośród państw ościennych (w analizowanym pasie przygranicznym - do 150 km) najczęściej sytuacje smogowe występowały w Czechach, zwłaszcza w ich północno-wschodniej części, w silnie uprzemysłowionym rejonie Ostrawy i Czeskiego Cieszyňa. W 9 z 10 epizodów, dla których przeprowadzono pogłębioną analizę dotyczącą krajów ościennych, podwyższone stężenia obejmowały obszar Czech. W 2 przypadkach epizody te wystąpiły również w Niemczech, a w 3 - na Słowacji. Należy jednak zaznaczyć, iż w przypadku Niemiec jeżeli już

wystąpiły tam wysokie stężenia PM10, to najczęściej na niewielkiej liczbie stacji (część z nich to stacje komunikacyjne), a epizody miały raczej krótkotrwały charakter (często - 1 do 2 dni). Wielkości stężeń były tam też niższe, niż w przypadku Polski czy Czech.

Zestawienie maksymalnych liczb stanowisk pomiarowych tła, na których w ciągu jednego dnia w okresie poszczególnych epizodów wystąpiło przekroczenie poziomu granicznego (Tab. 6-1), pozwala wnioskować o skali problemu w każdym z województw. W przypadku województw śląskiego i dolnośląskiego wysokie stężenia dobowe PM10 (wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły przynajmniej na jednym stanowisku w trakcie każdego z analizowanych epizodów. Wszystkie epizody charakteryzowały się tym, iż przekroczenie poziomu granicznego wystąpiło na wybranych stanowiskach zlokalizowanych w większości województw w Polsce. Do najbardziej rozległych epizodów należały epizody ponadregionalne, które wystąpiły w dniach 19-21.03.2015, 04-07.01.2016, 22-24.01.2016 (numerach 7,16,19). W trakcie tych epizodów na więcej niż 75% stacji w Polsce przekroczone były wartości percentyla S95 z rocznych serii pomiarowych stężeń dobowych. W trakcie tych epizodów poziom graniczny epizodu przekroczony był na od 64 do 67% stacji w Polsce.

Analiza częstości występowania wysokich stężeń w powiązaniu z panującymi typami cyrkulacji wskazuje, że największy odsetek dni z wysokimi stężeniami występuje podczas cyrkulacji cyklonalnej i przy napływie powietrza z kierunku południowo-wschodniego (SE_c). Wiele z analizowanych epizodów charakteryzowało się zmiennością panujących typów cyrkulacji mas powietrza w poszczególnych dniach ich trwania (Tab. 6-2)

Epizody, a zwłaszcza ich kulminacje, często występowały w dniach, w których następowało obniżenie temperatury powietrza. Wiązało się to ze zwiększeniem emisji powierzchniowej, tzw. "niskiej emisji", wynikającym ze wzrostu zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków. Spalanie paliw stałych, w tym węgla, często z wykorzystaniem pieców o niskiej sprawności, ze źle prowadzonym procesem spalania paliw stałych i znaczna emisja pyłu, stanowi czynnik przyczyniający się do występowania sytuacji smogowych. Zestawienie wybranych wskaźników meteorologicznych z okresów analizowanych epizodów (Tab. 6-2) pokazuje, iż w przypadku prawie wszystkich (oprócz epizodu nr 1) minimalne dobowe temperatury powietrza mieściły się poniżej 0°C , a w trzech wyróżnionych epizodach krajowych spadły poniżej -10°C . Podobnie trzy razy minimalna temperatura powietrza mieściła się poniżej -10°C w czasie epizodów analizowanych dla krajów ościennych.

W prawie wszystkich przypadkach epizody występowały w warunkach stałej lub silnie stałej równowagi atmosfery oraz inwersji temperatury, a także przy słabym wietrze. Warunki te utrudniały dyspersję zanieczyszczeń, prowadząc do ich kumulacji w warstwie przyziemnej. W przypadku prawie wszystkich epizodów (oprócz 15-go) najmniejsze ze średnich dobowych prędkości wiatru mieściły się poniżej 3 m/s, a w przypadku kilku (wyróżnionych w tabeli) wartość ta wynosiła 1 m/s lub mniej. Dla siedmiu epizodów analizowanych dla obszaru Polski

wskaźnik ten był wyższy od 2 m/s. Najmniejsze wartości ze średnich dobowych prędkości wiatru nie przekraczały poziomu 2 m/s na żadnej stacji meteorologicznej zlokalizowanej za granicą Polski w analizowanych dniach epizodów, które wystąpiły w krajach ościennych.

Na podstawie uzyskanych wyników modelowania matematycznego, jako główną przyczynę wysokich stężeń pyłu PM10 w Polsce można wskazać emisję z licznych, niskich, rozproszonych źródeł emisji (tzw. niska emisja, emisja komunalno-bytowa) z terenu Polski. Dla większości obszaru kraju udział tego typu emisji w kształtowaniu się epizodu wynosił przeważnie od 80 do ponad 90%. W wybranych rejonach, zwłaszcza w okolicach przebiegu głównych tras komunikacyjnych, a także na obszarach aglomeracji i większych miast, znaczący był udział również liniowych źródeł emisji, związanych z transportem samochodowym. Mieścił się on tam w przedziale od 10 do 30%, sięgając ok. 50% na terenie wybranych aglomeracji (np. warszawskiej). Oddziaływanie źródeł punktowych było najmniejsze, zwłaszcza w rejonach, w których występowały wysokie stężenia pyłu PM10.

W części przypadków zaznaczał się wpływ źródeł zagranicznych na tworzenie się wysokich stężeń PM10 (z reguły do 10% udziału). Dotyczyło to głównie przygranicznego pasa terenu na południu kraju i udziale źródeł z Czech (głównie Śląska Morawskiego, w tym z przemysłowego rejonu Ostrawy) i Słowacji. Tam udział ten sięgał, w wybranych przypadkach, 50%. Napływ powietrza z przygranicznego obszaru Niemiec z reguły nie przyczyniał się do występowania przekroczeń progu epizodu w Polsce. W rejonach gdzie był największy procentowy udział źródeł emisji położonych za zachodnią granicą Polski, stężenia PM10 z reguły nie były wysokie

Analizy przeprowadzone z wykorzystaniem modelowania oraz symulacji trajektorii wstecznych wskazują na udział, w przypadku części epizodów, źródeł emisji zlokalizowanych na obszarze południowej Polski (głównie Śląska) na kształtowanie się wysokich stężeń w przygranicznych rejonach Słowacji i Czech.

Tabela 6-1. Liczba stanowisk, na których w kulminacyjnych dniach epizodów stężenie 24-godz. PM10 było wyższe od 75 µg/m³

Województwo /Kraj	Liczba stanowisk		Numer epizodu																										
	2015	2016	1z	2z	3	4z	5	6	7	8	9	10z	11	12	13z	14	15	16z	17	18z	19	20	21	22	23	24	25	26	27z
dolnośląskie	22	20	1	2	9	8	2	6	12	10	7	9	17	1	5	1	5	19	10	17	4	7	5	8	2	4	2	5	8
kujawsko-pomorskie	16	15	1	1	13	8	4	6	15	12	9	9	7	10	2	0	2	6	1	4	13	3	3	1	1	4	4	0	1
lubelskie	8	7	0	8	2	4	4	8	4	0	3	3	7	0	1	0	0	1	0	7	7	0	1	0	0	0	0	0	1
lubuskie	6	6	0	0	2	0	0	0	3	1	0	4	5	1	0	0	2	5	3	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0
łódzkie	22	20	12	14	17	15	14	19	17	13	13	17	16	15	12	2	12	18	8	17	14	0	2	8	7	7	12	2	4
małopolskie	19	13	6	14	10	9	11	11	11	4	5	13	12	11	9	5	11	11	7	10	11	0	4	9	5	7	11	7	11
mazowieckie	17	17	2	9	9	13	12	15	12	5	6	8	11	3	2	1	2	5	1	4	14	0	0	0	4	0	4	0	0
opolskie	8	7	4	3	2	2	2	5	7	2	1	4	7	1	2	0	2	2	5	4	1	1	2	5	0	6	2	4	5
podkarpackie	11	10	0	9	3	3	2	11	9	2	2	10	8	0	2	1	5	7	0	6	6	0	1	3	1	0	6	1	5
podlaskie	5	5	0	1	0	1	1	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
pomorskie	22	19	1	0	9	0	5	0	7	1	1	3	0	1	6	0	2	4	0	0	11	1	0	0	0	0	2	0	0
śląskie	24	24	16	19	18	7	21	20	17	16	3	22	21	15	6	15	16	19	19	21	18	11	13	17	8	18	15	16	18
świętokrzyskie	8	8	0	5	4	7	2	6	3	2	1	4	7	1	1	0	6	5	0	6	7	0	0	1	2	0	4	2	3
warmińsko-mazurskie	8	8	0	0	3	1	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0
wielkopolskie	15	15	0	1	9	5	1	3	12	12	2	11	11	9	4	0	10	9	10	9	11	2	1	6	0	6	2	0	0
zachodniopomorskie	9	9	0	0	5	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	2	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Polska	220	203	43	86	115	83	81	114	134	84	54	119	130	68	52	25	77	116	65	106	121	27	32	59	31	52	68	37	56
Słowacja	28	30	2	5	4	11	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	1
Litwa	10	0	0	0	0	0	0	2	5	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Czechy	113	77	10	2	4	7	5	3	8	2	10	11	50	0	7	1	0	23	10	9	7	3	0	2	0	8	6	1	8
Niemcy	51	52	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	6	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem Polska i kraje sąsiednie w najgorszym dniu	422	362	55	93	123	102	86	123	148	87	64	133	186	68	59	26	118	165	75	115	128	30	32	61	31	60	79	41	65

* za pomocą litery "z" oznaczono epizody analizowane również, jako zaobserwowane w krajach ościennych

kolorem czerwonym oznaczono dane dla epizodów ponadregionalnych (typu I) w Polsce

Tabela 6-2. Zestawienie wybranych danych meteorologicznych z okresu epizodów

Nr epizodu	Początek	Koniec	Typy cyrkulacji w kolejne dni epizodów	Stacja meteo	Min z Tmin	Max z Tmin	Min z Vśr	Max z V śr	Inwersja
1	20.01.2015	22.01.2015	SE_0, SE_0, SE_0	Katowice	0.8	1.0	1.4	3.0	tak
				Ostrawa (CZ)	-0.2	1.6	1.2	2.0	tak
2	01.02.2015	05.02.2015	N_c, N_c, E_c, E_c, E_a	Kraków	-8.5	-3.4	0.8	2.4	tak
				Poprad (SK)	-12.9	-9.3	1.5	2.5	tak
3	13.02.2015	15.02.2015	S_a, S_0, SE_a	Katowice	-7.0	-6.0	1.5	2.7	tak
4	17.02.2015	23.02.2015	SW_a, NW_a, W_a, SW_0, SW_c, SW_c, SW_c	Kraków	-7.0	1.0	1.6	3.9	tak
				Poprad (SK)	-14.9	0.8	1.6	4.3	tak
5	25.02.2015	28.02.2015	0_0, S_a, S_0, SW_0	Łódź	-2.7	3.0	1.2	2.2	tak
6	07.03.2015	11.03.2015	SW_a, W_a, W_a, W_a, N_a	Kraków	-3.6	-2.0	0.9	2.3	tak
7	19.03.2015	21.03.2015	N_a, N_a, NE_0, 0_a	Warszawa	-3.0	1.0	1.9	3.0	tak
8	23.03.2015	25.03.2015	W_a, 0_c, SE_0	Katowice	-7.0	0	2.3	2.8	tak
9	26.10.2015	27.10.2015	N_a, E_a	Katowice	-1.0	-1.1	1.3	2.7	tak
10	28.10.2015	31.10.2015	SE_a, SE_a, SE_a, S_a	Katowice	-1.3	1.0	1.4	3.3	tak
				Ostrawa (CZ)	-2.6	2.9	1.0	2.3	tak
11	02.11.2015	07.11.2015	NW_a, W_a, N_a, 0_a, S_a, SW_a	Katowice	-4.0	3.6	1.3	4.2	tak
				Praga (CZ)	-1.9	10.8	1.0	3.9	tak
12	25.11.2015	28.11.2015	0_0, SW_a, W_c, W_c	Kraków	-2.7	0	1.3	3.1	tak
13	14.12.2015	17.12.2015	0_a, 0_a, 0_a, SW_0	Kraków	-3.5	0	1.1	2.7	tak
				Ostrawa (CZ)	-5.0	1.0	1.3	7.7	tak

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap II. Epizody z lat 2015-2016

Nr epizodu	Początek	Koniec	Typy cyrkulacji w kolejne dni epizodów	Stacja meteo	Min z Tmin	Max z Tmin	Min z Vśr	Max z V śr	Inwersja
14	23.12.2015	25.12.2015	W_0, SW_a, W_a	Nowy Sącz	-1.6	1.7	0.7	1.6	tak
15	31.12.2015	01.01.2016	S_a, SE_a	Kraków	-10.0	-6.0	4.1	4.4	tak
16	04.01.2016	07.01.2016	SE_c, SE_c, SE_c, SE_c	Bielsko-Biała	-1.2	4.9	2.9	7.3	tak
				Praga (CZ)	-5.7	-1.3	1.3	3.4	tak
17	09.01.2016	12.01.2016	S_c, S_c, S_c, 0_c	Wrocław	-6.0	1.0	1.7	2.3	tak
18	17.01.2016	20.01.2016	NE_0, N_a, N_0, 0_c	Katowice	-14.0	-8.2	1.6	4.9	tak
				Ostrawa (CZ)	-11.4	-7.3	1.0	6.2	tak
19	22.01.2016	24.01.2016	W_a, W_a, SW_0	Kraków	-17.6	-6.0	1.1	3.5	tak
20	13.02.2016	15.02.2016	S_c, SE_c, NE_c	Poznań	-3.0	1.5	2.7	3.0	tak
21	25.02.2016	28.02.2016	NW_c, 0_0, 0_0, E_0	Katowice	-7.0	1.0	2.4	4.0	tak
22	16.03.2016	18.03.2016	NE_a, N_a, N_0	Katowice	-6.0	-3.0	2.4	4.7	tak
23	23.03.2016	25.03.2016	E_c, N_0, W_0	Katowice	-3.0	-1.0	1.7	2.3	tak
24	09.11.2016	10.11.2016	SE_c, E_c	Katowice	-4.0	-3.0	1.0	3.0	tak
25	2016-11-23	2016-11-26	S_a, 0_a, 0_a, NW_0	Katowice	-4.0	4.3	1.5	2.9	tak
26	2016-12-04	2016-12-05	W_a, NW_a	Katowice	-8.4	-7.0	2.9	4.1	tak
27	29.12.2016	2016-12-31	N_a, NW_a, NW_a	Katowice	-6.9	-6.4	1.9	2.1	tak
				Ostrawa (CZ)	-4.1	-1.4	1.8	2.6	tak

BIBLIOGRAFIA

GIOŚ 2013, Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 na podstawie danych pomiarowych, meteorologicznych oraz analizy trajektorii, , praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Biuro Studiów i Pomiarów Proekologicznych "Ekometria" Sp. z o.o., Gdańsk 2013,

GIOŚ 2015, Jakość powietrza w Polsce w latach 2013 - 2014 w świetle wyników pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, Autorzy: Iwanek J., Kobus D., Kostrzewa J., Mitosek G., Parvi R , praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa

GIOŚ 2016, Jakość powietrza w Polsce w roku 2015 w świetle wyników pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, Autorzy: Iwanek J., Kobus D., Kostrzewa J., Mitosek G., Parvi R , praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa

Kaminski, J. W., Neary, L., Struzewska, J., McConnell, J. C., Lupu, A., Jarosz, J., Toyota, K., Gong, S. L., Côté, J., Liu, X., Chance, K., and Richter, A.: GEM-AQ, an on-line global multiscale chemical weather modelling system: model description and evaluation of gas phase chemistry processes, Atmos. Chem. Phys., 8, 3255-3281, doi:10.5194/acp-8-3255-2008, 2008.

Lityński J., Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski, Prace Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego, 97, 3–15., 1969

Pianko-Kluczyńska K., Nowy kalendarz typów cyrkulacji atmosfery według J. Lityńskiego . Wiad. Met.-Hydr., Gosp. Wod., 1, 4, 65–85., 2007

Stein, A.F., Draxler, R.R, Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., and Ngan, F., (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system, Bull. Amer. Meteor. Soc., **96**, 2059-2077, <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I POJĘĆ WYSTĘPUJĄCYCH W OPRACOWANIU

f - średnia dobową wilgotność względna

p - średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne

PM10 - pył zawieszony o średnicy równoważnej ziaren do 10 µm

PMS - Państwowy Monitoring Środowiska

S24 - stężenie średnie dobowe zanieczyszczenia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Tmax - maksymalna dobową temperatura powietrza

Tmin - minimalna dobową temperatura powietrza

Tśr - średnia dobową temperatura powietrza

Vśr - średnia dobową prędkość wiatru

Percentyl S95 z serii pomiarów stężeń 24-godz. PM10 - jest to wartość stężenia 24-godz. której nie przekracza 95% wyników pomiarów w roku.

Front atmosferyczny - strefa przejściowa oddzielająca masy powietrza o różnych właściwościach termicznych i wilgotnościowych. Front ciepły powstaje, gdy ciepłe powietrze nasuwa się na powietrze chłodne, front chłodny, gdy chłodne powietrze wciska się pod powietrze ciepłe. Front powstały z połączenia frontu ciepłego z doganiającym go frontem chłodnym to front okluzji (front zokludowany).

Gradient adiabaticzny (suchoadiabaticzny) - przypadająca na jednostkę wysokości zmiana temperatury suchego powietrza atmosferycznego występująca podczas jego adiabaticznego wznoszenia się lub opadania; zwykle wynosi 1°C na 100 m (*źródło: IMGW-PIB*).

Gradient wilgotnoadiabaticzny - przypadająca na jednostkę wysokości zmiana temperatury wilgotnego powietrza atmosferycznego występująca podczas jego adiabaticznego wznoszenia się lub opadania; zwykle wynosi 0.6°C na 100 m (*źródło: IMGW-PIB*).

Inwersja frontowa - inwersja temperatury w atmosferze swobodnej, związana z powierzchnią frontu, nad którą zalega cieplejsze powietrze niż pod nią (*źródło: IMGW-PIB*).

Inwersja podniesiona – inwersja występująca od pewnej wysokości nad terenem, w warstwie powietrza nieprzylegającej do powierzchni ziemi.

Inwersja radiacyjna - inwersja temperatury, będąca wynikiem silnego wypromieniowania ciepła z powierzchni ziemi w nocy, które doprowadza do znacznego ochłodzenia gruntu i przyziemnej warstwy powietrza (*źródło: IMGW-PIB*).

Inwersja temperatury - wzrost temperatury powietrza z wysokością w pewnej warstwie atmosfery (*źródło: IMGW-PIB*).

Inwersja wyżowa (opadania) - inwersja temperatury wskutek osiadania mas powietrza w bardzo rozległych, stacjonarnych wyżach (*źródło: IMGW-PIB*).

Równowaga chwiejna atmosfery ma miejsce, gdy temperatura powietrza obniża się wraz ze wzrostem wysokości o więcej niż $1^\circ\text{C}/100\text{ m}$ (pionowy gradient temperatury jest większy od gradientu adiabaticznego ($1^\circ\text{C}/100\text{m}$)). W takich warunkach występuje intensywna dyspersja zanieczyszczeń w kierunku pionowym.

Równowaga obojętna atmosfery ma miejsce, gdy temperatura powietrza obniża się wraz ze wzrostem wysokości o ok. $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (pionowy gradient temperatury jest równy gradientowi adyabatycznemu ($1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$))

Równowaga stała w warstwie atmosfery ma miejsce, gdy temperatura powietrza rośnie wraz z wysokością (inwersja temperatury) lub spada mniej niż $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. W takich warunkach intensywność dyspersji zanieczyszczeń w kierunku pionowym jest bardzo ograniczona.

Temperatura potencjalna - temperatura cząstki powietrza o określonym ciśnieniu, jaką miałaby ta cząstka po sprowadzeniu jej adyabatycznie (bez wymiany ciepła z otoczeniem) do poziomu ciśnienia standardowego, tj. 1000 hPa.