



Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

Raport z modelowania stężeń ozonu w skali kraju. Rok 2017

Numer i data umowy: 53/2016/F z dnia 29.11.2016 r.



Zleceniodawca:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa



Praca wykonana na podstawie umowy nr 53/2016/F z dnia 29.11.2016 r. pomiędzy GIOŚ, a ATMOTERM S.A. finansowanej ze środków NFOŚiGW na podstawie umowy nr 362/2015/ Wn-50/MN-PO-CR/D z dnia 20.08.2015 r.

Opole, 2018 r.



ATMOTERM S. A.
45-031 Opole, ul. Łangowskiego 4
tel. 77 44 26 666, fax 77 44 26 695

Opracowanie wykonano przez ATMOTERM S. A. na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach pracy pt. „Wspomaganie systemu oceny jakości powietrza z użyciem modelowania w zakresie ozonu troposferycznego dla lat 2016- 2018”

Zespół autorów: ATMOTERM S.A.

Kierownik projektu: mgr inż. Aneta Lochno

Zespół w składzie:

dr Agnieszka Placek
dr inż. Iwona Rackiewicz
mgr inż. Marta Wawrzynowska
mgr inż. Tomasz Przybyła
mgr inż. Ireneusz Sobecki
mgr inż. Wojciech Łata
mgr Wojciech Wahlig

Opieka ze strony Zarządu:

PREZES ZARZĄDU

mgr inż. Ryszard Pazdan

SPIS TREŚCI:

OZNACZENIA I DEFINICJE UŻYTE W PRACY	7
1. WSTĘP	9
2. CHARAKTERYSTYKA METOD MODELOWANIA	10
2.1. Opis modelu fotochemicznego CAMx.....	10
2.2. Opis modułu chemicznego	10
2.2.1 Opis warunków początkowych i brzegowych	11
2.2.2 Domeny obliczeniowe	11
2.3. Opis modelu meteorologicznego WRF	13
2.4. Dane geofizyczne	13
2.5. Warunki początkowe i brzegowe modelu meteorologicznego.....	14
3. CHARAKTERYSTYKA METOD ANALIZ PRZESTRZENNYCH.....	14
4. OPIS DANYCH WEJŚCIOWYCH	17
4.1. Dane pomiarowe.....	18
4.2. Dane emisyjne	18
5. ROZKŁAD STĘŻEŃ OZONU TROPOSFERYCZNEGO W SKALI KRAJU	21
5.1. Poziomy stężenie ozonu zróżnicowane ze względu na ochronę zdrowia w skali kraju	21
5.2. Poziomy stężenie ozonu zróżnicowane ze względu na ochronę roślin w skali kraju	31
5.3. Obszary przekroczeń wartości normy stężeń dla ozonu w skali kraju	37
5.4. Podsumowanie wojewódzkiej oceny jakości powietrza w zakresie ozonu troposferycznego dla 2017 roku	42
6. OCENA SPRAWDZALNOŚCI WYNIKÓW ZASTOSOWANYCH METOD	48
7. ANALIZA EPIZODÓW WYSTĘPOWANIA WYSOKICH STĘŻEŃ OZONU TROPOSFERYCZNEGO W SKALI KRAJU W 2017 ROKU.....	71
7.1. Epizod 30 stycznia 2017	72
7.1.1. Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	72
7.1.2. Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	76
7.1.3. Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu.....	77
7.2. Epizod 1-2 kwietnia 2017	79
7.2.1. Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu.	80
7.2.2. Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	84
7.2.3. Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	85
7.3. Epizod 10 kwietnia 2017	89
7.3.1. Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	89
7.3.2. Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	92
7.3.3. Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	93
7.4. Epizod 25 kwietnia 2017	95

7.4.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	95
7.4.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	98
7.4.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	100
7.5.	Epizod 18-19 i 20 maja 2017	101
7.5.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	102
7.5.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	109
7.5.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	111
7.6.	Epizod 23 maja 2017	116
7.6.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	116
7.6.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	120
7.6.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	121
7.7.	Epizod 29-30 maja 2017	123
7.7.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	123
7.7.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	127
7.7.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	129
7.8.	Epizod 3 i 4 czerwca 2017	132
7.8.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	132
7.8.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	136
7.8.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	137
7.9.	Epizod 20 czerwca 2017	141
7.9.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	141
7.9.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	143
7.9.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	145
7.10.	Epizod 24-25 czerwca 2017	146
7.10.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	147
7.10.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	151
7.10.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	152
7.11.	Epizod 28 czerwca 2017	156
7.11.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	156
7.11.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	160
7.11.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	161
7.12.	Epizod 9 lipca 2017	163
7.12.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	163
7.12.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	166
7.12.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	167
7.13.	Epizod 19-20 lipca 2017	169
7.13.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	169

7.13.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	172
7.13.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	174
7.14.	Epizod 22 lipca 2017	177
7.14.1.	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	177
7.14.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	180
7.14.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	181
7.15.	Epizod 30 lipca - 3 sierpnia 2017.....	183
7.15.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	184
7.15.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	193
7.15.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	195
7.16.	Epizod 5 sierpnia 2017	203
7.16.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	203
7.16.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	206
7.16.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	207
7.17.	Epizod 9-10 sierpnia 2017	209
7.17.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	209
7.17.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	213
7.17.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	214
7.18.	Epizod 16 sierpnia 2017	217
7.18.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	217
7.18.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	220
7.18.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	221
7.19.	Epizod 18 sierpnia 2017	223
7.19.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	223
7.19.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	226
7.19.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	227
7.20.	Epizod 30-31 sierpnia 2017	229
7.20.1	Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu	229
7.20.2	Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu	233
7.20.3	Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu	234
7.21.	Podsumowanie analizy epizodów wysokich stężeń ozonu	238
8.	Analiza porównawcza wyników oceny rocznej dla ozonu troposferycznego pomiędzy latami 2016 i 2017.....	239
9.	Podsumowanie oceny	249
	SPIS TABEL.....	252
	SPIS RYSUNKÓW	252

OZNACZENIA I DEFINICJE UŻYTE W PRACY

ArcGIS - pakiet programów przeznaczonych do pracy na danych Systemów Informacji Geograficznej (GIS) stworzony przez firmę ESRI. W zależności od potrzeb użytkownika pakiet może być wzbogacony tzw. rozszerzeniami, czyli skryptami lub aplikacjami umożliwiającymi wykonywanie specyficznych zadań w zakresie analiz GIS i dziedzin pokrewnych

BW – błąd względny jest błędem przybliżenia wartości mierzalnych, który pokazuje, w jakim stopniu zaokrąglany wynik jest różny w stosunku do wyniku pierwotnego

CAMx - (the Comprehensive Air quality Model with extensions) eulerowski model trójwymiarowy, wielkoskalowy o szerokim zakresie stosowalności (od obszarów podmiejskich do skali kontynentalnej)

Dyrektywa CAFE – dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (**C**lean **A**ir for **E**urope - Czyste Powietrze dla Europy)

EBK – Empirical Bayesian Kriging – geostatystyczna metoda interpolacji wykorzystywana w programie ArcGis, która wyznacza wartości estymowane na bazie wielokrotnej symulacji wariogramu dla nakładających się podzbiorów danych i automatyzuje najtrudniejsze aspekty tworzenia modelu krigingu.

EMEP - The European Monitoring and Evaluation Programme – jest programem który na mocy konwencji o transporcie zanieczyszczeń na dalekie odległości (CLRTAP) nawiązuje do współpracy międzynarodowej w celu rozwiązania problemów związanych z transgranicznymi zanieczyszczeniami powietrza. Jednym z komponentów tego serwisu jest baza emisyjna zawierająca dane raportowane przez wszystkie kraje członkowie Unii Europejskiej. <http://www.emep.int/>

IDW - metoda interpolacji z wykorzystaniem odwrotnych ważonych odległości

PL-LCC - układ jest utworzony na podstawie matematycznie jednoznacznego przyporządkowania punktów na elipsoidzie odniesienia GRS 80 odpowiednim punktom na płaszczyźnie według teorii stożkowego równokątnego odwzorowania Lamberta. Obszar Polski obejmuje jeden pas równoleżnikowy tego układu.

MBE – Mean Bias Error – średnie odchylenie przeciętne

NCEP – National Centers for Environmental Prediction – jest to serwis dostarczający dane dotyczące regionalnej i globalnej pogody oraz klimatu. Przygotowuje również prognozy oraz ostrzeżenia i globalne analizy warunków meteorologicznych, które udostępniane są społeczności użytkowników dla ich potrzeb, np. w celu wykorzystania jako dane wejściowe do własnych prognoz. Serwis oferuje dane przygotowywane przez

bardzo wiele instytucji w tym UCAR (University Corporation for Atmospheric Research) w którego skład wchodzi NCAR (National Center for Atmospheric Research) <http://www.ncep.noaa.gov>

PMŚ – Państwowy Monitoring Środowiska

POŚ – ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity: Dz. U. z 2017 r. poz. 519, z późn. zm.)

Regresja liniowa - klasyczna (metoda najmniejszych kwadratów) - jeżeli pomiędzy dwiema wielkościami fizycznymi występuje zależność to regresja liniowa jest prostą metodą wyznaczenia parametrów najlepiej dopasowanej prostej. Uzyskane parametry dopasowania mogą następnie służyć do wyznaczenia szukanej wielkości fizycznej. Analiza regresji liniowej ma na celu wyliczenie takich współczynników regresji (współczynników w modelu liniowym), by model jak najlepiej przewidywał wartość zmiennej zależnej i aby błąd oszacowania był jak najmniejszy

RDE - Relative Directive Error definiowany jako względny dyrektywy

RMSE – pierwiastek błędu średniokwadratowego

RPE – Relative Percentile Error definiowany jako względny błąd percentyla

UMT - układ jest utworzony na podstawie matematycznie jednoznacznego przyporządkowania punktów na elipsoidzie odniesienia GRS 80 odpowiednim punktom na płaszczyźnie według teorii odwzorowania poprzecznego Merkatora. Obszar Polski obejmują trzy pasy południkowe o rozciągłości równej 6° długości geodezyjnej każdy, o południkach osiowych – 15°E, 21°E i 27°E, oznaczane numerami – 33, 34 i 35.

WIOŚ – Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska

1. WSTĘP

Raport oceny krajowej w zakresie ozonu troposferycznego jest wynikiem realizacji drugiego etapu projektu „Wspomaganie systemu ocen jakości powietrza z użyciem modelowania w zakresie ozonu troposferycznego dla lat 2016-2018”.

Głównym celem realizacji projektu jest zastosowanie jednolitej metody oceny jakości powietrza w skali kraju oraz każdego z województw w zakresie ozonu troposferycznego, z wykorzystaniem modelowania matematycznego oraz analiz przestrzennych.

Realizacja projektu jest zgodna z wymogami zawartymi w Ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2017 r. poz. 519, z późn. zm.) oraz z zapisami Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, zalecających stosowanie modelowania jako metody uzupełniającej pomiary jakości powietrza.

Niniejszy raport stanowi podsumowanie wykonania Zadania w ramach II Etapu związanego z opracowaniem danych oraz wykonaniem map rozkładów stężeń ozonu dla roku 2017 z użyciem modelowania. W ramach tego zadania wymagane było przygotowanie raportu na potrzeby wojewódzkich ocen jakości powietrza oraz przygotowanie raportu na potrzeby krajowej oceny rocznej.

W ramach realizacji Zadania przygotowane zostały wyniki do rocznej oceny jakości powietrza dla kraju oraz każdego województwa na podstawie wyników modelowania oraz wyników analiz przestrzennych w dwóch wariantach:

- Wariant I - wynik z wykorzystaniem wyłączenie procesu modelowania stężeń ozonu,
- Wariant II - wynik z wykorzystaniem metody łączenia wyników modelowania stężeń ozonu z wariantu I z wynikami pomiarów.

Wszystkie Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska otrzymały zestaw danych koniecznych do wykonania rocznej oceny jakości powietrza w zakresie ozonu i w terminie do 30 kwietnia miały możliwość wykorzystania wyników do przeprowadzenia rocznej oceny jakości powietrza i określenia klasyfikacji stref jakości powietrza ze względu na ozon troposferyczny. Niniejszy raport stanowi zarówno podsumowanie wyników etapu częściowego wykonania wojewódzkiej oceny jakości powietrza, konsultacji z WIOŚ, jak i zawiera szeroką analizę występujących epizodów wysokich stężeń ozonu w 2017 r. W ramach oceny krajowej dla ozonu przeanalizowano również wyniki w skali kraju w zakresie ochrony zdrowia i ochrony roślin. W tym, ujęto również

analizę wskaźnika ochrony roślin AOT40 w podziale na wskaźnik dla upraw oraz wskaźnik dla lasów.

W projekcie została wykorzystana metodyka określona w Zadaniu 1 na I Etapie opisana w opracowaniu „Metoda modelowania stężeń ozonu troposferycznego na potrzeby rocznych ocen jakości powietrza dla lat 2016-2018”.

2. CHARAKTERYSTYKA METOD MODELOWANIA

Roczna ocena jakości powietrza dla 2017 roku z wykorzystaniem modelowania rozprzestrzeniania ozonu troposferycznego w skali kraju oraz w skali województw została wykonana z wykorzystaniem modelu fotochemicznego CAMx, który pozwolił na obliczenia w szerokiej skali przestrzennej dla obszaru kraju.

2.1. Opis modelu fotochemicznego CAMx

Model CAMx (the Comprehensive Air quality Model with extensions) jest trójwymiarowym fotochemicznym modelem najnowszej generacji (tzw. model trzeciej generacji) opracowanym przez ENVIRON International Corporation (USA). Model CAMx jest modelem wielkoskalowym o szerokim zakresie stosowalności (od obszarów podmiejskich do skali kontynentalnej). Obliczenia w modelu CAMx mogą być prowadzone w odwzorowaniu UTM, Lambert Conic Conformal lub geograficznym, przy czym na potrzeby realizacji projektu wybrane zostało odwzorowanie LCC.

Zastosowanie modelu CAMx pozwala na obliczenia rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w oparciu o emisję, reakcje chemiczne oraz wymywanie zanieczyszczeń w funkcji czasu dla każdego rodzaju związków chemicznych w systemie zagnieżdżonych siatek przestrzennych. Model ma szerokie zastosowanie w zakresie modelowania ozonu troposferycznego. Dodatkowo został on wykorzystany również do wykonania modelowania stężeń ozonu na potrzeby oceny jakości powietrza za lata 2014-2015.

2.2. Opis modułu chemicznego

Symulacje jakości powietrza w zakresie ozonu troposferycznego zostały przeprowadzone z wykorzystaniem najnowszej dostępnej wersji modelu CAMx 6.30 wydanej w sierpniu 2016 r. W modelu CAMx do symulacji przemian fizykochemicznych z uwzględnieniem związków nieorganicznych, organicznych i aerozoli, wykorzystany został mechanizm chemiczny Carbon Bond w najbardziej aktualnej wersji CB6v3. Obecna wersja mechanizmu przemian posiada zaktualizowaną chemię izoprenów oraz węglowodorów aromatycznych oraz tlenków azotu ponownie wprowadzonego do obiegu w wyniku rozkładu azotanów organicznych. Model chemiczny składa się z 77 substancji

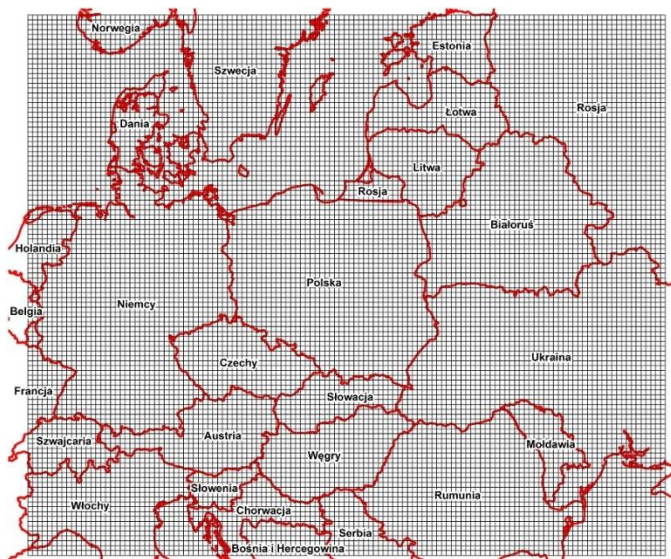
i 220 reakcji chemicznych, w celu przeprowadzenia symulacji reakcji fotochemicznych w atmosferze (Environ, 2014). Mechanizm chemiczny jest kluczowym komponentem modelowania ozonu, ponieważ od zastosowanych przemian zależy związek między emisją prekursorów ozonu.

2.2.1 Opis warunków początkowych i brzegowych

Model CAMx nie jest modelem globalnym, dlatego na potrzeby symulacji w określonej domenie należy dostarczyć do niego informacje o warunkach początkowych i brzegowych. Dane te pochodzą z globalnego modelu chemicznego MOZART-4 (Model for Ozone and Related chemical Tracers, version 4) i dostarczane są w postaci trójwymiarowej. Warunki początkowe stanowią informacje o stężeniach zanieczyszczeń w czasie startu modelu i zostały dostarczone dla całej siatki na wszystkich poziomach. Natomiast warunki brzegowe stanowią informacje o stężeniach na brzegach wyznaczonej domeny obliczeniowej. Odzwierciedlają one dane o ilości zanieczyszczeń napływających spoza obszaru modelowania. Warunki brzegowe dla symulacji wysokorozdzielczej pochodzą z obliczeń modelem CAMx, przeprowadzonych w domenie środkowoeuropejskiej.

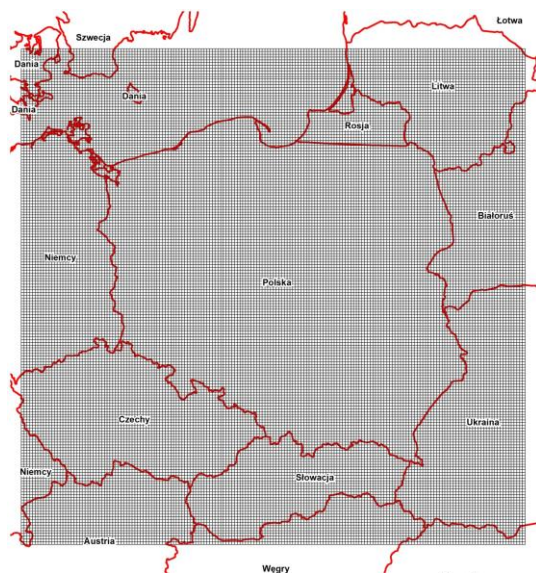
2.2.2 Domeny obliczeniowe

Na potrzeby wspierania rocznych ocen jakości powietrza metodami modelowania obliczenia zostały przeprowadzone w dwóch wzajemnie zagnieżdżonych domenach. Pierwsza domena obliczeniowa obejmowała obszar Europy Środkowej. Rozmiar tej domeny pozwolił we właściwy sposób uwzględnić napływ transgraniczny. Na rys. 1 przedstawiono obszar, jaki pokrywa pierwsza zdefiniowana domena modelu CAMx.



Rysunek 1. Siatka modelu CAMx o rozdzielczości 15 km dla obszaru Europy środkowej.

Symulacje dla pierwszej domeny obejmują jednokierunkowe zagnieżdżenie siatki obliczeniowej o rozdzielczości 15 km oraz dwukierunkowe zagnieżdżenie w przypadku domeny wewnętrznej o rozdzielczości 5 km. Warunki początkowe i brzegowe dla symulacji w siatce obliczeniowej o rozdzielczości 15 km zostały wyznaczone na podstawie danych z modelu globalnego MOZART z wykorzystaniem procesora MOZART2CAMx. Warunki początkowe i brzegowe dla domeny wewnętrznej zostały obliczone w każdym kroku czasowym po uruchomieniu symulacji modelu CAMx przy ustawieniu dwukierunkowego zagnieżdżenia domen. Siatkę domeny zagnieżdżonej przedstawiono na rys. 2.



Rysunek 2. Siatka modelu CAMx o rozdzielczości 5 km dla obszaru kraju.

Model CAMx jest modelem off-line, co powoduje konieczność wyznaczenia zestawu danych meteorologicznych w innym modelu. Do przygotowania danych meteorologicznych wykorzystany został model WRF. Pola meteorologiczne wyznaczone w modelu WRF zostały przetworzone do formatu akceptowalnego przez model CAMx. Procedura przetworzenia zbioru danych została przeprowadzona za pomocą dedykowanego procesora WRF2CAMx.

Siatki obliczeniowe modelu meteorologicznego WRF oraz modelu fotochemicznego CAMx zostały zdefiniowane w taki sposób, aby zachować spójność danych w węzłach siatki dla obu modeli. Rozmiary siatek modelu meteorologicznego WRF są nieco większe niż rozmiary docelowych siatek modelu CAMx. Szczegółowe informacje na temat konfiguracji siatek zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry domen obliczeniowych modelu WRF i modelu CAMx.

Model WRF			
Rozdzielczość [km]	Rozmiar [liczba oczek siatki]	Liczba warstw w pionie	Odwzorowanie
15 km x 15 km	160 x 160	33	LCC
5 km x 5 km	241 x 241		
Model CAMx			
Rozdzielczość	Rozmiar	Liczba warstw w pionie	Odwzorowanie
15 km x 15 km	131 x 111	17	LCC
5 km x 5 km	187 x 179		

Ze względu na fakt, iż stężenie ozonu na terenie kraju może w sposób znaczący być kształtowane wielkością stężeń ozonu transportowanego spoza tego obszaru, jak również emisją prekursorów poza jego granicami, pierwsza domena obliczeniowa (15 km) obejmuje obszar 500 km od granicy kraju. Rozległy zasięg głównego obszaru obliczeniowego modelu CAMx i WRF został zaprojektowany tak, aby uwzględnić charakterystykę transportu ozonu na znaczne odległości oraz emisję prekursorów spoza granic kraju (Europa Środkowa). W przypadku domeny o rozdzielczości 5 km x 5 km przyjęto obszar 100 km od granicy kraju, aby prawidłowo został ujęty transgraniczny transport zanieczyszczeń.

2.3. Opis modelu meteorologicznego WRF

Dane meteorologiczne wykorzystywane w ramach projektu pochodzą z modelu WRF w wersji 3.8.1. dla 2017 roku. Model ten jest mezoskalowym numerycznym modelem prognozowania pogody, przygotowanym do operacyjnego prognozowania pogody oraz do badania stanu atmosfery w czasie przeszłym.

W przypadku modelu WRF trójwymiarowe pola parametrów meteorologicznych zostały wyznaczone dla 33 warstw. Dane zawierają podstawowe informacje dotyczące m.in. temperatury, prędkości i kierunku wiatru, ciśnienia, wilgotności, jak również codzinne dane opadowe.

2.4. Dane geofizyczne

Zbiór danych statycznych zawiera szereg informacji niezbędnych do zainicjowania obliczeń w modelu meteorologicznego WRF. Dane dotyczą m.in:

ukształtowania i pokrycia terenu, sieci hydrograficznej i zbiorników wodnych, rodzajów gleb oraz pokrywy śnieżnej. Dane udostępniane są bezpłatnie na stronie http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/get_sources_wps_geog.html wraz z modelem w rozdzielczościach 10' (~18 km), 5' (~9 km), 2' (~4 km), oraz 30 sekund kątowych (~900m).

2.5. Warunki początkowe i brzegowe modelu meteorologicznego

Meteorologiczne warunki brzegowe i początkowe dla modelu WRF pozyskane zostały z globalnego modelu GFS FNL, w rozdzielczości przestrzennej $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, dla 27 warstw w pionie. Dane udostępniane są nieodpłatnie przez NCEP (National Centre for Environmental Prediction) i mogą być pobierane bezpośrednio przez stronę internetową <http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2> lub serwer ftp.

Dane meteorologiczne (pierwotnie w formacie GRIB2) zostały przetworzone przez procesor WPS (WRF Preprocessing System) i przygotowane do wykorzystania przez model WRF (format NetCDF).

3. CHARAKTERYSTYKA METOD ANALIZ PRZESTRZENNYCH

Analizy przestrzenne w ramach opisywanej pracy mają zastosowanie na trzech etapach: w ramach wariantu I, wariantu II oraz w procesie obliczania powierzchni obszarów przekroczeń i szacowania liczby ludności narażonej na ponadnormatywne oddziaływania zanieczyszczeń powietrza.

W wariantcie I analizy przestrzenne zostały wykorzystane wyłącznie do celu zobrazowania wyników modelowania. Obejmowały wyłącznie metodę interpolacji wyników celem przedstawienia zróżnicowania stężeń w skali kraju i województw oraz stref na mapach wynikowych. Jako metodę interpolacji wykorzystano metodę odwrotnych ważonych odległości (Inverse Distance Weighting), która odzwierciedla dokładną wartość w punkcie modelowania, nie zmieniając wartości uzyskanych jako wynik modelowania. Interpolacja, w przeciwieństwie do obrazowania opartego na przypisaniu wartości modelowanej do oczka siatki imisyjnej, umożliwia płynne przedstawienie zmienności cechy ciągłej, jaką jest wysokość stężenia. Ponadto umożliwia ona wyznaczenie granic obszarów przekroczeń dla zadanej wartości stężenia, równej określonej przepisami normie jakości powietrza.

Wariant II opracowania wyników zakładał połączenie danych pomiarowych, odzwierciedlających stan jakości powietrza w wybranych punktach, z danymi pochodzącymi z modelowania matematycznego z wariantu I za pomocą analiz przestrzennych w środowisku geograficznych systemów informacyjnych. Celem tego działania jest najlepsze możliwe przybliżenie wyników modelowania do warunków

rzeczywistych. Zastosowana procedura bazuje częściowo na rozwiązaniach przedstawionych w raportach technicznych dostępnych na stronie internetowej European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation działającego w ramach Europejskiej sieci informacji i obserwacji środowiska (w skrócie EIONET).¹

Zestaw danych wejściowych stanowią:

- dane pomiarowe ze stacji PMŚ dla roku 2017,
- dane modelowane w punktach o rozdzielczości wynikającej z zastosowanej domeny i siatki przestrzennej,
- dane o liczbie ludności wg GUS w podziale na gminy dla roku poprzedzającego rok wykonywania oceny jakości powietrza z użyciem modelowania w celu aktualizacji danych dotyczących liczby ludności narażonej na ponadnormatywne stężenia.

Podstawę kalibracji stanowi sieć punktów pomiarowych, reprezentatywnych dla warunków miejskich oraz pozamiejskich, wskazujących spektrum, do jakiego powinny być zbliżone wyniki modelowania. Interpolacja danych pomiarowych dla tych dwóch typów stacji oddzielnie umożliwia stworzenie zgrubnych płaszczyzn odniesienia dla całości wyników modelowania (tzw. rastrów referencyjnych), podczas gdy wyniki na stacjach pokazują punkty styczne, które w warunkach idealnych powinny osiągnąć modelowanie. Metodą statystyczną, która pozwala na określenie kierunku i siły zależności między wynikami obliczonymi modelowo, a zmierzonymi, jest regresja liniowa. Dopasowanie linii regresji metodą najmniejszych kwadratów ma na celu uzyskanie możliwie małych błędów (reszt regresji) dla każdego z rozpatrywanych punktów. Z kolei metodą pozwalającą na korektę lokalnych niedoszacowań lub przeszacowań modelu jest kriging, czyli przestrzenna interpolacja reszt regresji.

Pierwszym krokiem niezbędnym do wykonania jest statystyczna obróbka danych pomiarowych i danych modelowanych, obejmująca obliczenie wartości średnich i innych wartości normatywnych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. Obliczane statystyki obejmują obliczenie:

- liczby dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8h, średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pod kątem dotrzymania poziomu docelowego określonego w celu ochrony zdrowia,
- liczby dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

¹ http://acm.eionet.europa.eu/databases/interpolated_aq_maps/index_html

- liczby dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- wskaźnika AOT40 jako sumy różnic pomiędzy stężeniem średnim jednogodzinnym wyrażonym w $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a wartością $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dla każdej godziny w ciągu doby pomiędzy godziną 8⁰⁰ a 20⁰⁰ czasu środkowoeuropejskiego CET, dla której stężenie jest większe niż $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w okresie od maja do lipca:
 - w przypadku poziomu docelowego jest to wartość uśredniona dla kolejnych pięciu lat; w przypadku braku danych pomiarowych z pięciu lat dotrzymanie dopuszczalnej częstości przekroczeń sprawdza się na podstawie danych z co najmniej trzech lat,
 - w przypadku poziomu długoterminowego jest to wartość w danym roku.
- wskaźnika SOMO35 jako rocznej sumy maksymalnych 8h średnich krocących przekraczających 35 ppb ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Z każdego dnia maksymalna wartość z wartości średnich 8h krocących dla ozonu jest wybierana i sumowana jeśli przekracza wartość 35 ppb.

Dodatkowo na potrzeby analizy ze względu na ochronę roślin obliczono również wskaźnik AOT dla upraw i dla lasów:

- AOT40c - wskaźnik dla upraw określony dla okresu maj-lipiec ważny dla upraw jak pszenica oraz dla naturalnej roślinności,
- AOT40f - wskaźnik dla lasów określony dla okresu kwiecień - wrzesień ważny dla lasów pozbywających się liści na zimę.

Istotnym parametrem kontrolowanym na tym etapie jest stopień pokrycia roku danymi dla stacji pomiarowych. Zgodnie z zaleceniem rekomendowanym w raportach technicznych ETC/ACM odrzuceniu powinny ulec wyniki z tych stacji, które nie spełniają kryterium pokrycia roku danymi co najmniej na poziomie 75% zimą i 90% latem dla ozonu.

Dane pochodzące z Państwowego Monitoringu Środowiska zostały także wzbogacone o dane dla stacji pomiarowych zlokalizowanych w państwach ościennych w pobliżu granicy Polski. Punkty ze stacji spoza Polski nie zostały włączone do konstrukcji równań regresji, zasilili jednak zbiory danych wejściowych do tworzenia rastrów referencyjnych, co zapobiega zniekształceniom rastrów w pobliżu granicy kraju i nadmiernej ekstrapolacji.

Kolejnym krokiem był import wyników pomiarowych do oprogramowania GIS (ArcGIS 10.4 z rozszerzeniem Spatial Analyst), gdzie podlegały one interpolacji.

Uzyskane warstwy stanowiły rastry referencyjne miejskiego i pozamiejskiego poziomu stężeń ozonu.

Następnie zostały wykonane zestawienia zbiorcze wyników uzyskanych z modelowania w punktach zgodnych z lokalizacją stacji pomiarowych oraz wyników zmierzonych na stacjach. Dane były następnie analizowane w dwóch podzbiorach – w podziale na stacje miejskie i podmiejskie łącznie oraz stacje pozamiejskie oddzielnie. W warunkach polskich liczba stacji reprezentujących obszary miejskie jest na większości obszarów zadowalająca. Bardziej problematyczna jest liczba stacji zlokalizowanych na terenach pozamiejskich.

Po uzupełnieniu puli punktów pomiarowych i ewentualnym odrzuceniu wartości skrajnych, odnotowanych wśród punktów dodatkowych, przeprowadzana była regresja liniowa (Ordinary Least Square), gdzie jako zmienna zależna występuje wartość pomiarowa, a jako zmienna objaśniająca – wartość modelowana. Reszty regresji podlegają następnie krigingowi metodą Empirical Bayesian Kriging. Wartość rastra powstałego w wyniku krigingu pobierana jest znów do punktów modelowania. Następnie na podstawie równania łączącego dla każdego punktu modelowania obliczana jest wartość finalna.

Ostatnim etapem, na którym mają zastosowanie analizy przestrzenne, jest finalne zobrazowanie pola stężeń na podstawie interpolacji wartości obliczonych w punktach modelowania, które umożliwia wskazanie obszarów przekroczeń stężeń normatywnych dla ozonu, dla każdego województwa i strefy oddzielnie. Ponadto eksport interpolowanych obszarów przekroczeń do warstw poligonowych w formacie shapefile pozwala na określenie powierzchni tych obszarów, a w połączeniu z danymi pochodzącymi z nieprzetworzonego rastra gęstości zaludnienia, umożliwia również precyzyjne określenie liczby ludności narażonej na szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczeń.

4. OPIS DANYCH WEJŚCIOWYCH

Na potrzeby realizacji projektu wykorzystane zostały dane wejściowe, niezbędne do wykonania modelowania dyspersji zanieczyszczeń oraz analiz przestrzennych, do których należą takie dane jak:

- a) dane emisyjne dla każdego rodzaju źródeł ujętych w bazie emisyjnej dla analizowanych substancji - prekursorów ozonu dla roku 2017,
- b) wyniki pomiarów poziomu substancji (ozon, NO, NO_x, NO₂) na stacjach pomiarowych należących do Państwowego Monitoringu Środowiska w 2017 roku,

- c) dane dotyczące ukształtowania, pokrycia i użytkowania terenu,
- d) dane o gęstości zaludnienia uwzględniające zmiany dla 2017 roku oparte na danych Głównego Urzędu Statystycznego z 2015 roku oraz warstwy gęstości zaludnienia pochodzącej ze Spisu Powszechnego,
- e) dane o warunkach meteorologicznych występujących w 2017 roku.

4.1. Dane pomiarowe

W celu wykonania weryfikacji wyników modelowania oraz w celu zastosowania analiz przestrzennych do oceny jakości powietrza przeanalizowane zostały dane pomiarowe udostępnione w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w zakresie ozonu i NO₂ ze wszystkich stacji uwzględnianych w rocznych ocenach jakości powietrza na terenie kraju.

W ocenie jakości powietrza uwzględnione zostały wyniki ze stacji Państwowego Monitoringu Środowiska, dla których pokrycie roku danymi wynosiło co najmniej 75% w zimie i 90% w lecie. Dodatkowo w celu uzyskania poprawnego obrazu pola stężeń na granicy obszaru kraju w miarę możliwości pozyskania aktualnych danych wykorzystane zostały także wyniki spoza kraju.

Jako statystyki z wyników pomiarów wykorzystano wyniki uzyskane z systemu JPOAT2.0 przekazane w ramach projektu.

4.2. Dane emisyjne

W celu oceny jakości powietrza dla wskazanych lat ze względu na ozon troposferyczny, przygotowany został odpowiedni zestaw danych emisyjnych (tj. informacji o źródłach emisji i wielkości emisji) uporządkowanych w bazie emisyjnej w podziale na kategorie źródeł według klasyfikacji SNAP. Wstępne opracowanie tych danych zostało wykonane w ramach realizacji pracy pt.: „Zgromadzenie danych emisyjnych wraz z oceną ich poprawności i kompletności” zrealizowanej w ramach Programu Operacyjnego PL03 „Wzmocnienie monitoringu środowiska oraz działań kontrolnych” w ramach projektu pt. „Wzmocnienie systemu oceny jakości powietrza w Polsce w oparciu o doświadczenia norweskie”. Obecnie wykorzystana baza została udostępniona w ramach projektu „Wspomaganie systemu ocen jakości powietrza z użyciem modelowania w zakresie PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂, B(a)P dla lat 2015, 2016 i 2017”, w ramach którego jest również corocznie aktualizowana.

Baza emisyjna posiadająca zebrane dane w podziale na województwa, zawiera informacje o jednostkach, obszarach, źródłach emisji, aktywności źródeł emisji,

emitorach i parametrach wprowadzania substancji do powietrza oraz wielkości emisji poszczególnych substancji.

Zakres bazy emisyjnej obejmuje źródła emisji na terenie każdego województwa, których działalność i występowanie powoduje emisję następujących substancji:

- a) dwutlenku siarki
- b) pyły całkowitego,
- c) pyłu PM₁₀,
- d) pyłu PM_{2,5},
- e) tlenków azotu
- f) dwutlenek azotu,
- g) dwutlenku siarki,
- h) amoniaku (NH₃),
- i) tlenku węgla,
- j) NMLZO.

Baza emisyjna podzielona została na obszary zestawiające emisję ze źródeł:

- a) powierzchniowych (źródła komunalno-bytowe) - źródła zaliczane do SNAP02,
- b) liniowych (źródła związane z transportem, drogi krajowe, wojewódzkie i lokalne) - zaliczane do SNAP 07,
- c) punktowych (energetyka zawodowa, procesy technologiczne i inne jednostki organizacyjne) pośród których znajdują się źródła zaliczane do SNAP01, 02, 03, 04, 05, 06, 09, 10,
- d) rolnictwa (w tym pola uprawne i hodowla, maszyny rolnicze) - należące do kategorii SNAP08 i 10,
- e) naturalnych (lasy, emisja biogenna),
- f) inne źródła, np. niezorganizowane obejmujące wyłącznie kopalnie i hałdy.

Podział na katastry umożliwia również przejście na podział źródeł zgodnie z kodem SNAP97. Transformacja ta jest istotna ze względu na inwentaryzację emisji w skali Europy – zarówno przygotowywane przez EMEP na podstawie raportów

krajowych, jak też emisje używane w ramach projektu MACC-II bazują na klasyfikacji źródeł emisji SNAP97, w których działalność antropogeniczna obejmuje 10 kategorii:

01. Procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii
02. Procesy spalania w sektorze komunalnym i mieszkaniowym
03. Procesy spalania w przemyśle
04. Procesy produkcyjne
05. Wydobycie i dystrybucja paliw kopalnych
06. Zastosowanie rozpuszczalników i innych produktów
07. Transport drogowy
08. Inne pojazdy i urządzenia
09. Zagospodarowanie odpadów
10. Źródła naturalne (rolnictwo).

Udziały źródła prekursorów ozonu uwzględniane są w podziale na kategorie SNAP. Dodatkowo do przeprowadzenia modelowania modelem CAMx wykorzystane zostały również:

- Dane o emisji antropogenicznej dla całej Europy pozyskano z projektu TNO MACC III (Kuenen et al., 2014), w rozdzielczości przestrzennej $1/8^{\circ} \times 1/6^{\circ}$. Najbardziej aktualna informacja dotyczy roku 2011, który przeskalowano do roku 2017 z zastosowaniem wskaźników skalujących dla krajów i sektorów, obejmujące obszar zgodnie z przyjętą domeną obliczeniową w rozdziale 4.1.3.;
- profile specjacyjne dla punktowych i powierzchniowych źródeł emisji – opracowanie własne na podstawie literatury światowej (m.in. ENVIRON/UCR, EPA, DEFRA, MEGAN-MACC, AirWare);
- profile zmienności czasowej dla źródeł emisji – opracowanie własne na podstawie dostępnych danych, między innymi warunków meteorologicznych, profili zmienności ruchu komunikacyjnego w miastach i poza miastami.

Do danych emisyjnych dla Europy wprowadzony został profil emisyjny obejmujący: miesiące, dni tygodnia, godziny oraz dni świąteczne, indywidualny dla poszczególnych sektorów SNAP. Emisja antropogeniczna jest wprowadzana do modelu w postaci plików NetCDF.

5. ROZKŁAD STĘŻEŃ OZONU TROPOSFERYCZNEGO W SKALI KRAJU

Wyniki modelowania stężeń ozonu troposferycznego dla skali kraju wykonano dla roku 2017 oraz dla okresu uśredniania wyników z okresu wielolecia 2013-2017. Ze względu na wykonanie modelowania tylko dla roku 2017 do wyliczenia danych dla wielolecia wykorzystano wyniki modelowania dla lat 2015 oraz 2014 i 2013 otrzymane od Zamawiającego wykonane modelem CAMx. Dla roku 2016 wykorzystano dane uzyskane w ramach obecnie realizowanego projektu. Modelowanie wykonano w skali 5 km x 5 km oraz 15 km x 15 km, a wyniki modelowania zostały zaprezentowane w dwóch wariantach:

- **wariant 1** - wyniki bezpośrednio z modelowania z wykorzystaniem modelu CAMx,
- **wariant 2** - wyniki powstałe z łączenia metodami analiz przestrzennych wyników modelowania z wariantu 1 oraz wyników pomiarów wykonywanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.

Wszystkie wyniki modelowania i analiz przestrzennych zostały zawarte w warstwach w postaci plików SHP dla każdej wykonanej analizy wraz z informacjami odnośnie wszystkich parametrów analiz dla ozonu wymaganych przepisami prawnymi.

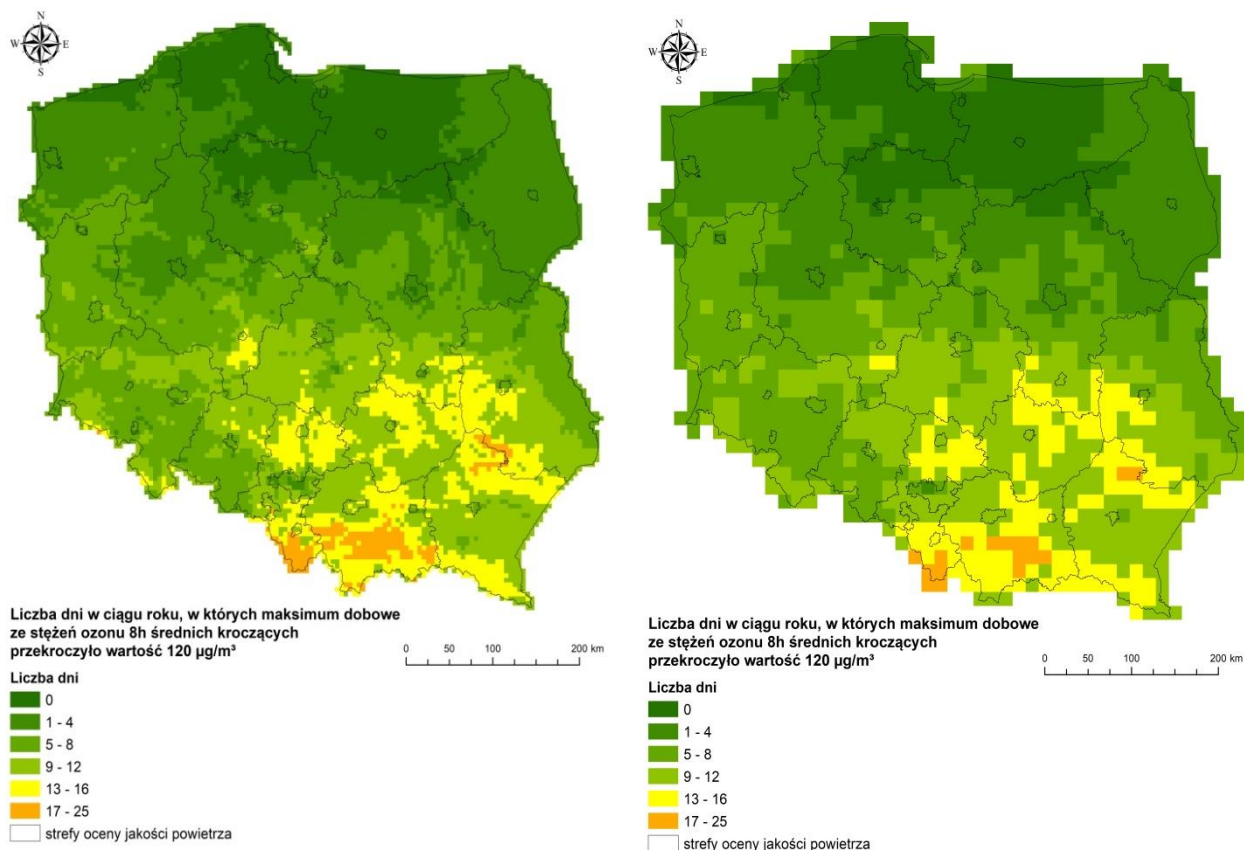
5.1. Poziomy stężenie ozonu zróżnicowane ze względu na ochronę zdrowia w skali kraju

Rozkład stężeń ozonu w skali kraju

Modelowanie w skali kraju przeprowadzono w siatce obliczeniowej o rozdzielczości 5 km oraz 15 km zarówno dla parametrów określonych ze względu na ochronę zdrowia jak i ochronę roślin. Wyniki modelowania w skali 15 x 15 km posłużyły jako warunki brzegowe do modelowania w skali zagęszczonej 5 km x 5 km, która wykorzystana została do określenia jakości powietrza w zakresie ozonu dla skali województw i stref jakości powietrza.

Ze względu na ochronę zdrowia w skali kraju na podstawie wyników modelowania określona została liczba dni w ciągu roku kalendarzowego, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu dla 8-godzinnej średniej kroczącej przekroczyła wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Analiza jakości powietrza ze względu na stężenia ozonu biorąc pod uwagę kryterium ochrony zdrowia wykazała występowanie w 2017 roku obszarów przekroczeń, na których występował chociaż jeden dzień w którym maksymalna średnia 8-godzinna krocząca ozonu przekroczyła wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Analizę przeprowadzono zarówno dla wyników modelowania (wariant I) jak i wyników

modelowania połączonych z wynikami pomiarów z sieci PMS (wariant II) uzyskanych w rozdzielczości 5 km.

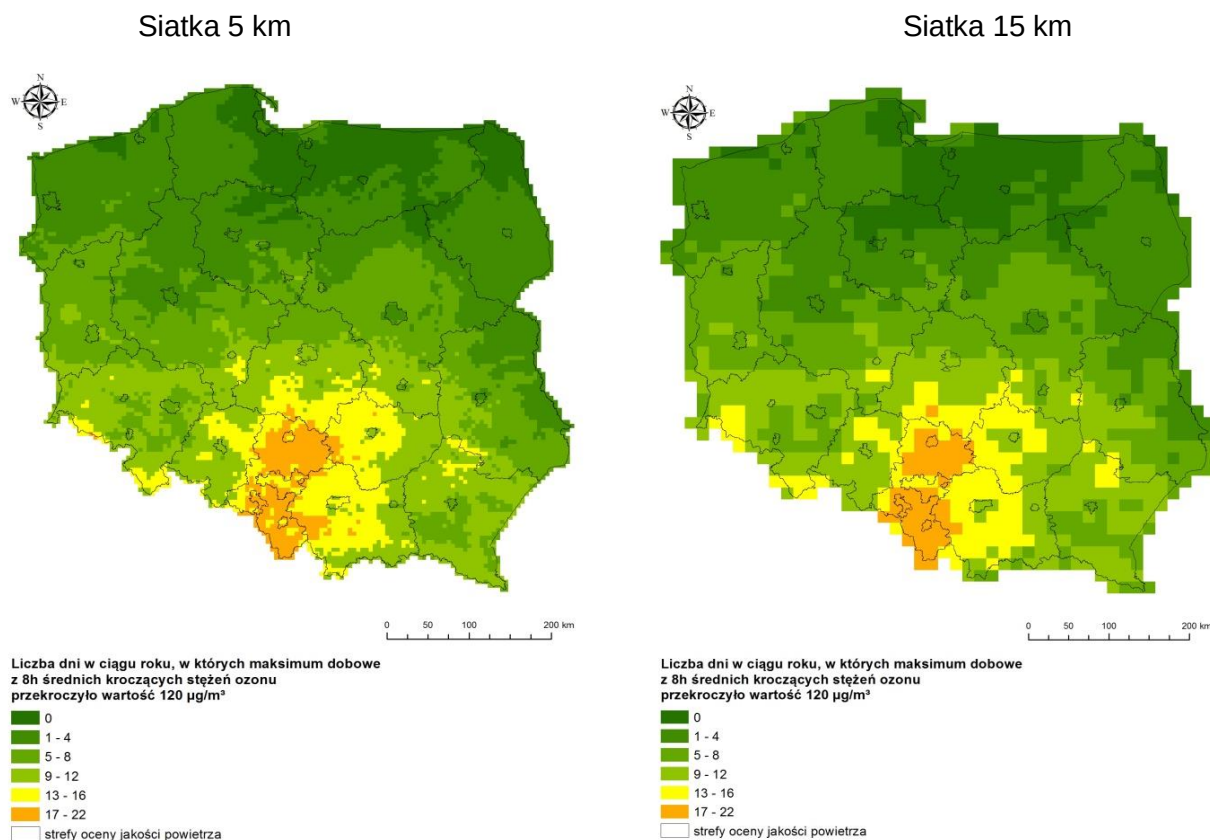


Siatka 5 km

Siatka 15 km

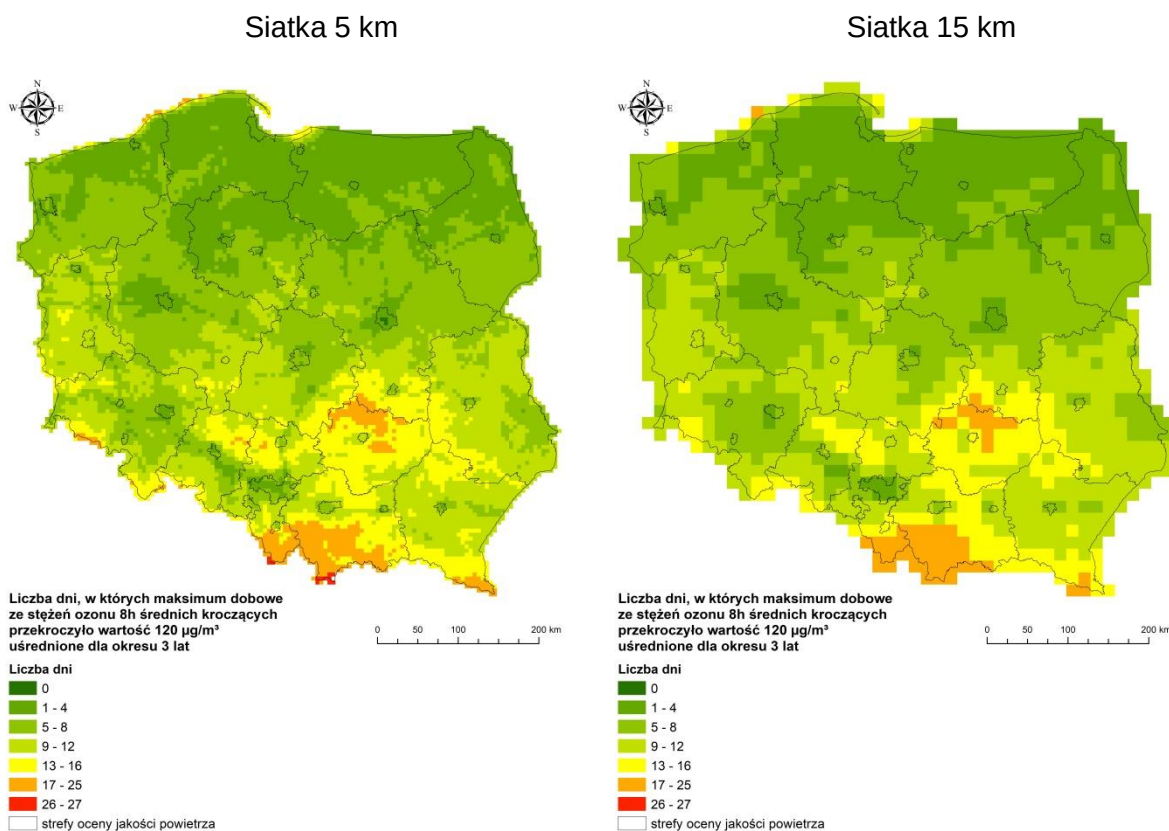
Rysunek 3. Liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich krocących przekroczyła wartość 120 µg/m³ dla obszaru Polski w 2017 roku - WARIANT 1 (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx.)

W analizie dla 2017 roku wyniki modelowania wskazują na występowanie obszarów z przekroczeniem poziomu celu długoterminowego ozonu dla maksymalnych stężeń 8-godzinnych krocących, zarówno w rozdzielczości 5 km jak i 15 km. Brak występowania dni z przekroczeniem wartości 120 µg/m³ z 8h średnich krocących oznaczony został na obszarach północnej Polski w województwach warmińsko-mazurskim, pomorskim i kujawsko-pomorskim. Najwięcej dni z przekroczeniami poziomu 120 µg/m³ dla ozonu występuje w województwach opolskim, śląskim, lubuskim i świętokrzyskim. W siatce 15 km obszary te są nieco takie same jak w siatce 5 km.



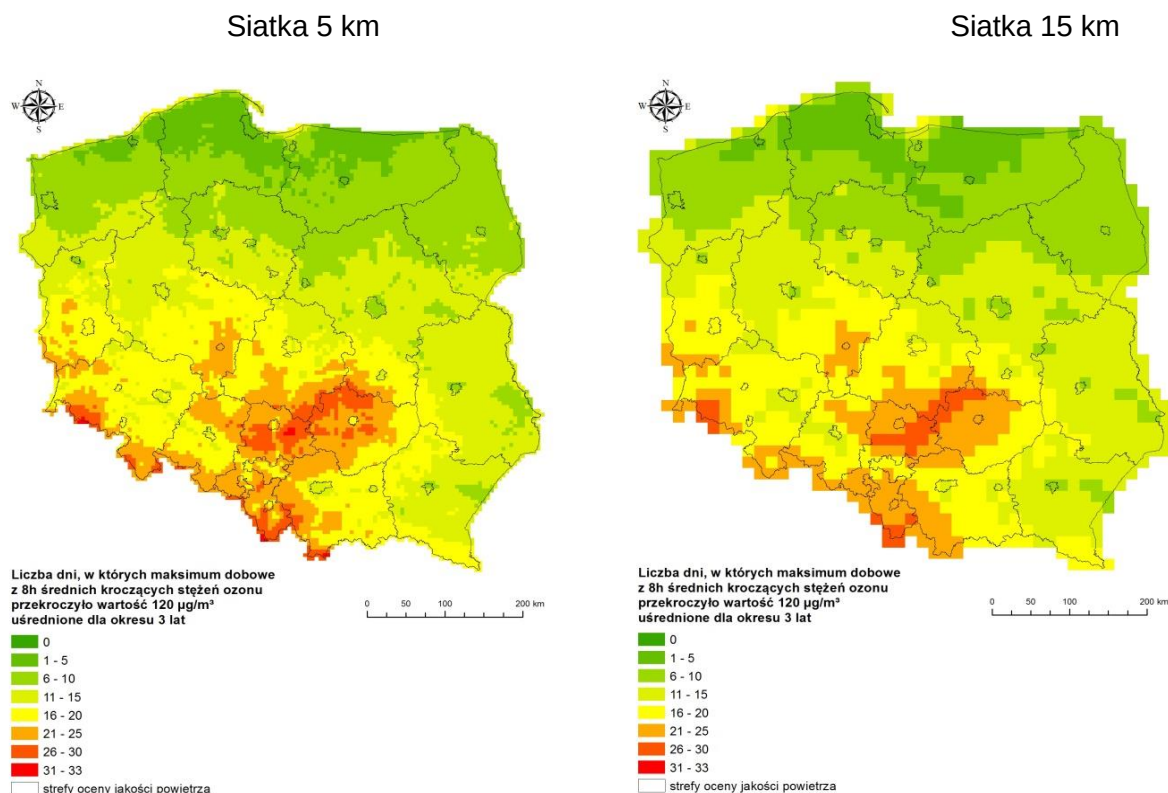
Rysunek 4. Liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich krocących przekroczyła wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski w 2017 roku - WARIANT II (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx)

W wariancie II przy połączeniu wyników modelowania w siatce 5 km z wynikami pomiarów na stacjach PMŚ, występują obszary przekroczeń liczby dni, w których maksymalna średnia 8-godzinna krocząca przekracza wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W wariancie 2 obszar występowania powyżej 13 dni z przekroczeniem jest znacznie bardziej rozległy, aniżeli w wariancie 1. Natomiast obszar na którym nie występują dni z przekroczeniem poziomu dla ozonu jest również zlokalizowany w północnej części kraju w województwach pomorskim, kujawsko-pomorskim, warmińsko-mazurskim i podlaskim.



Rysunek 5. Liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich kroczących przekroczyła wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski z okresu 2015-2017 - WARIANT I w siatce 5 km x 5 km i 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx.)

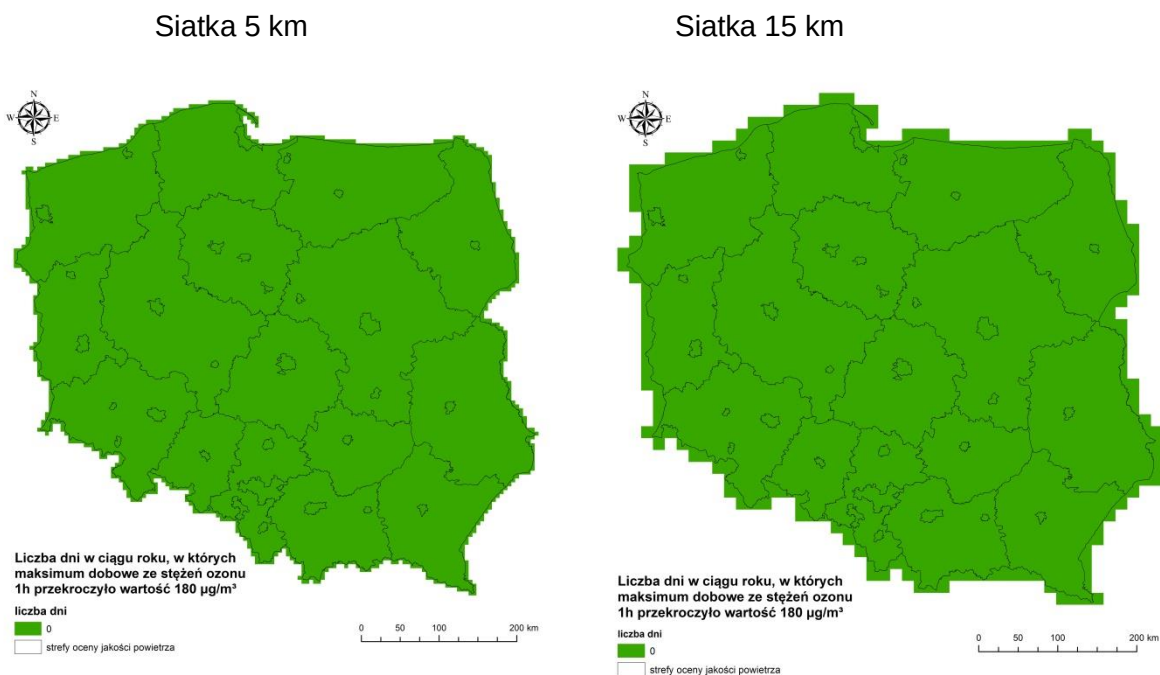
Wyniki z modelu w siatce 5 km wskazują na występowanie ponad 25 dni z przekroczeniem poziomu docelowego $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ z maksymalnych stężeń dobowych 8-godzinnej kroczącej ozonu w województwie małopolskim i śląskim. Wartości uśrednione dla trzech lat pochodzą z modelowania tym samym modelem, ale z innymi danymi wejściowymi. Obszar ten jest stosunkowo niewielki i zlokalizowany w południowej części województwa małopolskiego. Nie występują obszary przekroczeń w pozostałych województwach. W wynikach modelowania w siatce 15 km x 15 km obszar przekroczeń nie występuje.



Rysunek 6. Liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich kroczących przekroczyła wartość 120 µg/m³ dla obszaru Polski z okresu 2015-2017 - WARIANT II w siatce 5 km x 5 km i 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych)

W wariantcie II w przypadku połączenia wyników z modelu z wynikami pomiarów metodą analiz przestrzennych uśrednione do 3 lat obszar występowania przekroczeń występuje na obszarze województw świętokrzyskiego, łódzkiego, śląskiego, małopolskiego i dolnośląskiego. Maksymalna ilość dni z przekroczeniem wyniosła 33 w wariantcie II. W stosunku do wariantu I obszary występowania przekroczeń uległy zwiększeniu.

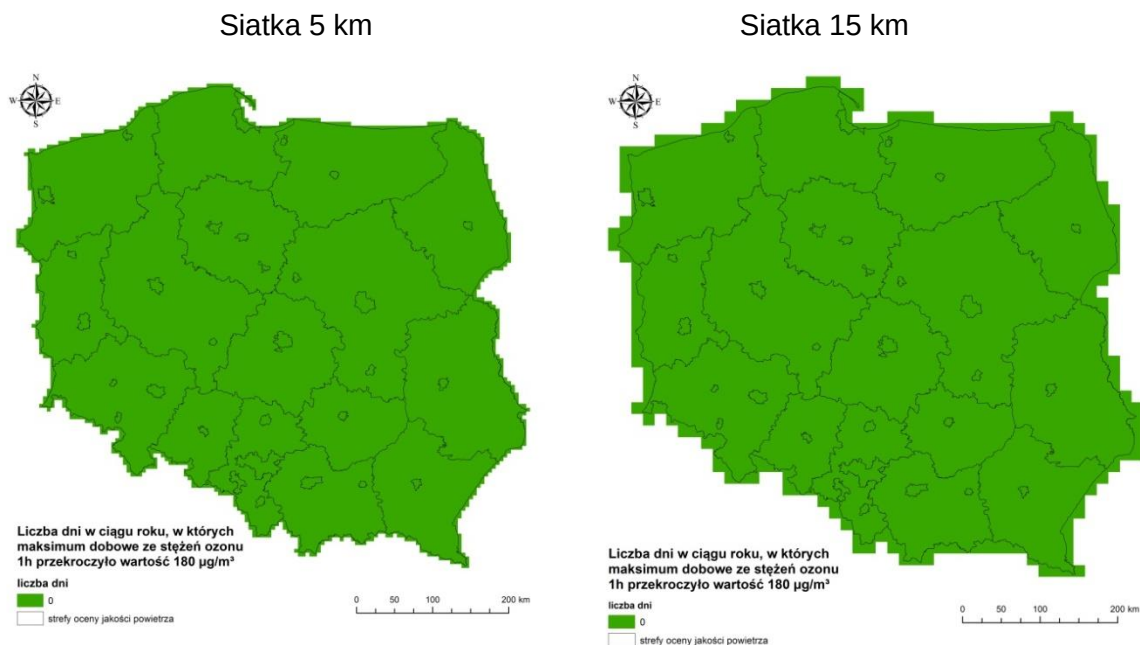
Analiza w odniesieniu do różnych siatek wykorzystanych do modelowania wskazuje na zmianę obszaru przekroczeń w siatce 15 x 15 km. W siatce 15 km nie występują one w województwie małopolskim.



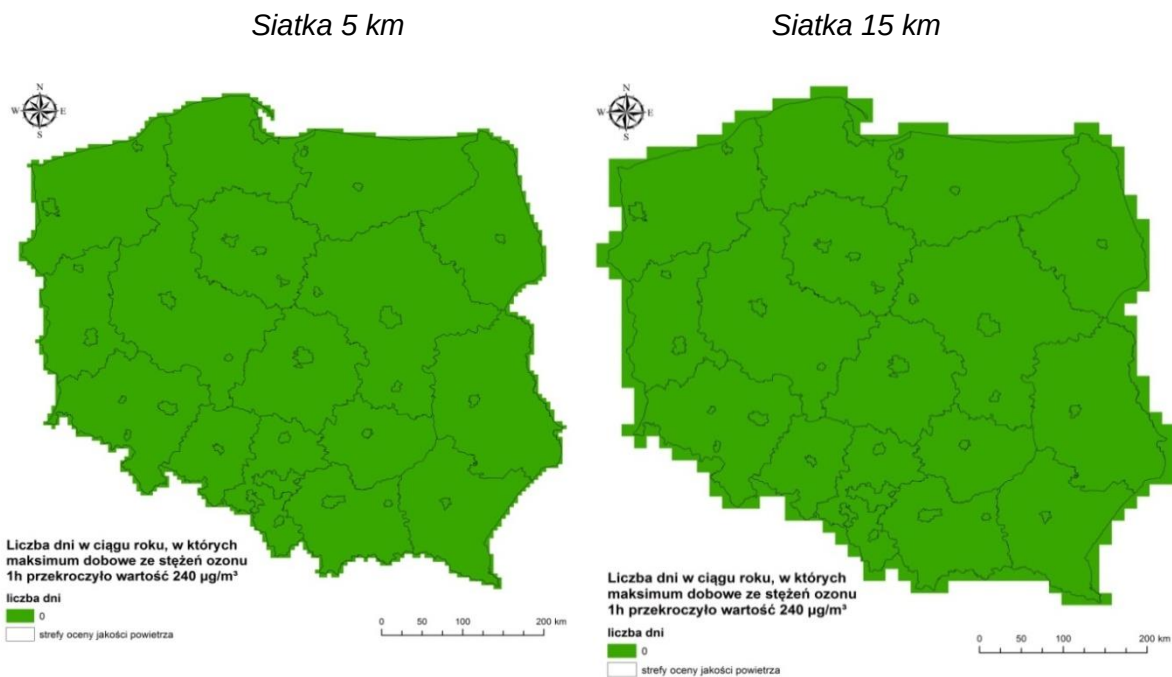
Rysunek 7. Liczba dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość 180 µg/m³ dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie 1 (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx).

Analizy wyników modelowania dla obu wariantów rozdzielczości modelowania nie wykazały występowania poziomów stężeń maksymalnych 1 godzinnych powyżej 180 µg/m³ w 2017 roku na obszarze całego kraju.

Analogicznie sytuacja występuje w odniesieniu do stężeń o wysokości 180 µg/m³, w wariancie II, a także dla wartości 240 µg/m³, będącej poziomem alarmowym dla ozonu. Dla tego poziomu również nie uzyskano żadnego dnia z przekroczeniem.

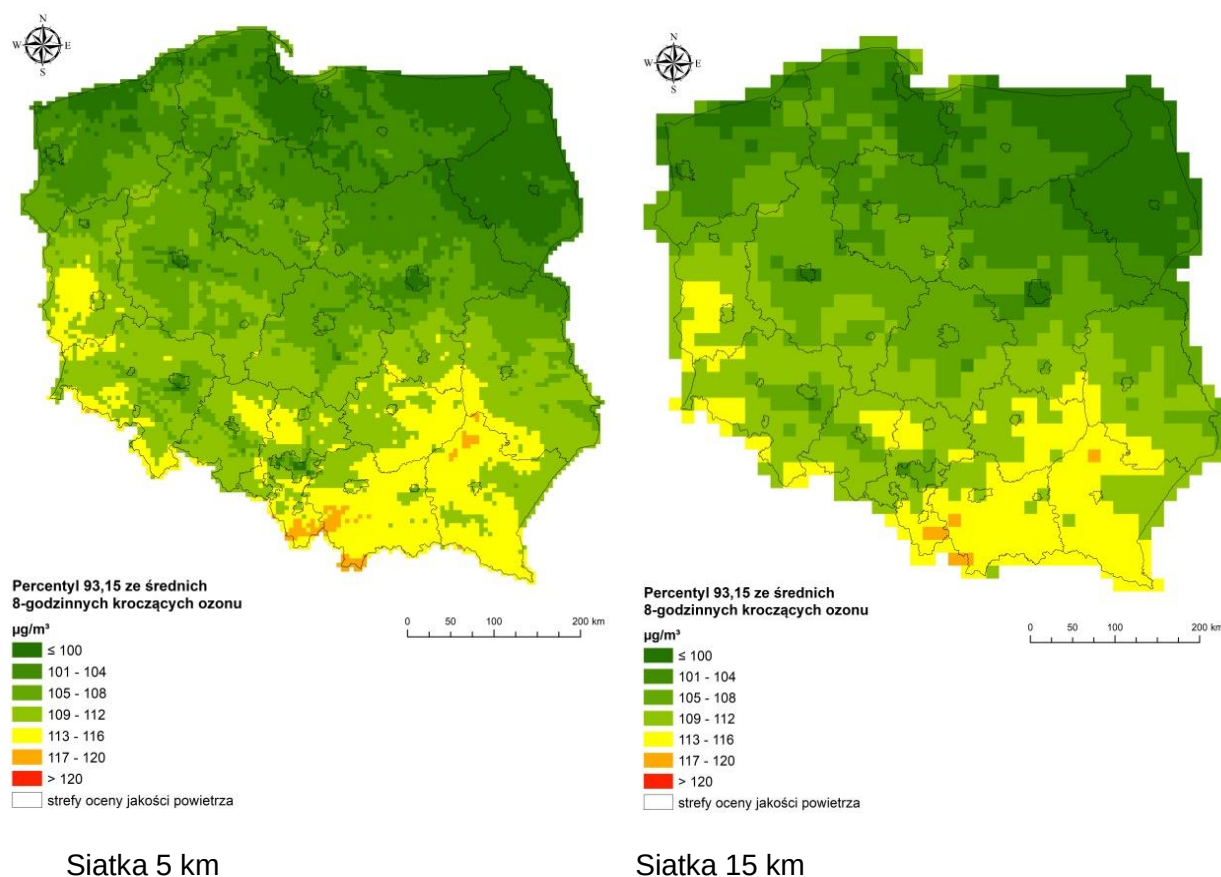


Rysunek 8. Liczba dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość 180 µg/m³ dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie II (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych).



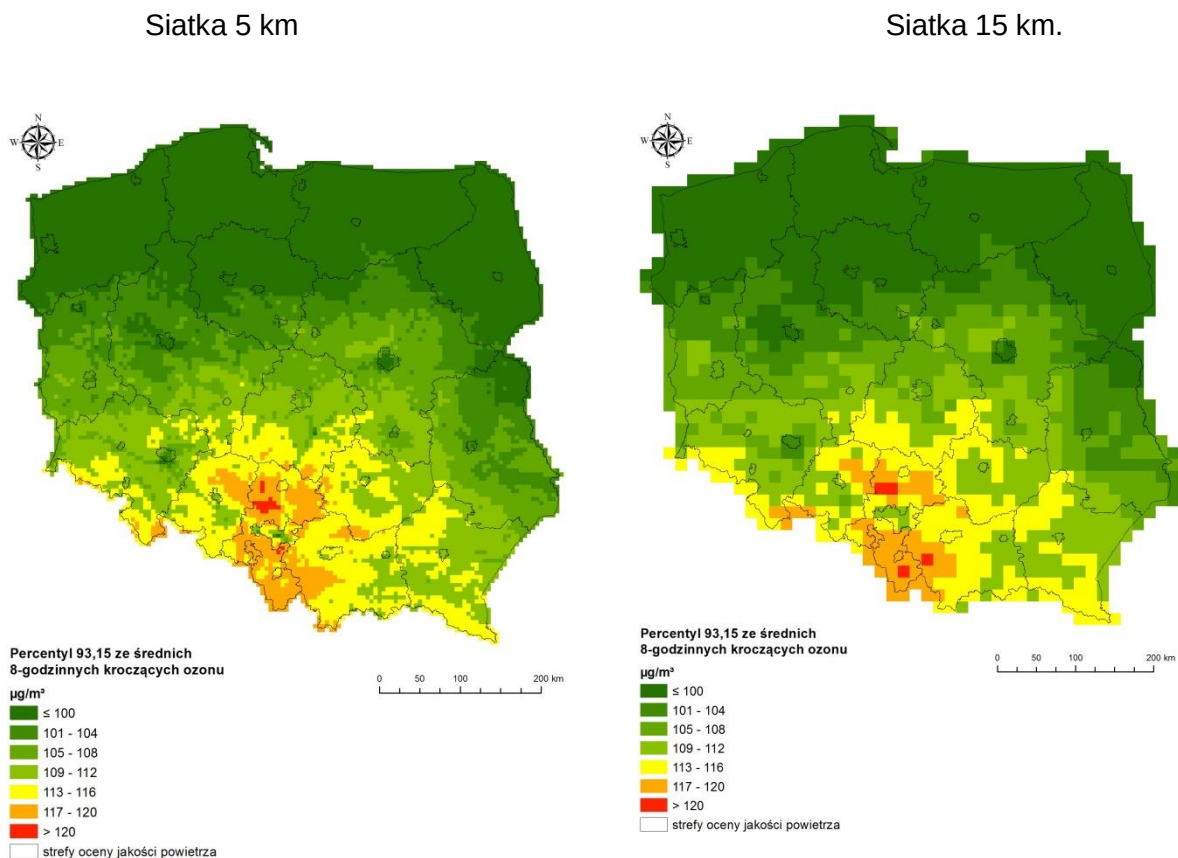
Rysunek 9. Liczba dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie I i II. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych)

Analizie poddano również wysokość uzyskanych z modelowania wyników dla percentyla 93,15 ze średnich 8-godzinnych kroczących ozonu w roku 2017.



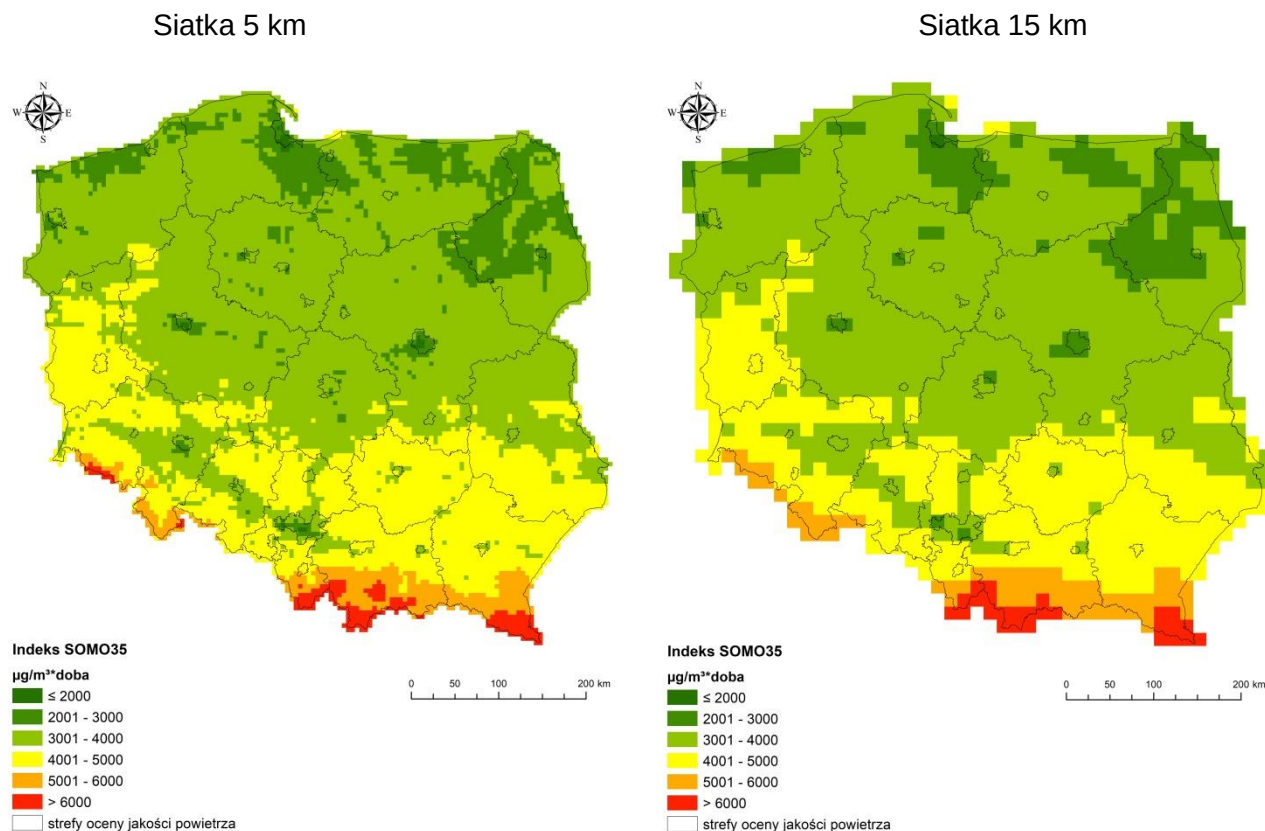
Rysunek 10. Percentyl 93,15 ze średnich 8h kroczących ozonu dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie 1. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx)

Wartość percentyla 93,15 ze stężeń maksymalnych 8-godzinnych kroczących ozonu nie przekracza w wynikach wariantu I wartości $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe wartości stężeń występują w województwach małopolskim, śląskim i podkarpackim. Obszary w obu siatkach modelowania 5 i 15 km są zbliżone. W północnej części kraju występują najniższe wartości stężeń ozonu.



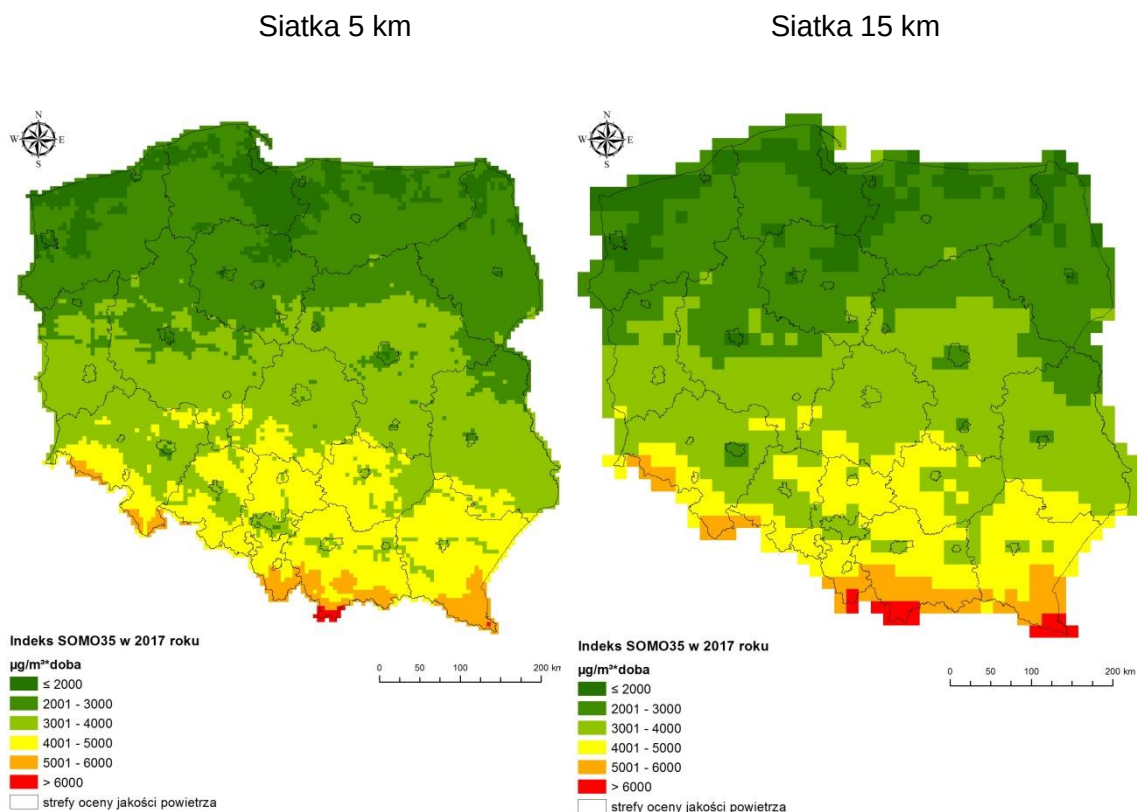
Rysunek 11. Percentyl 93,15 ze średnich 8h kroczących ozonu dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie II. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych)

W wariancie II w wyniku łączenia z wynikami pomiarów wielkość percentyla 93,15 ze stężeń 8 godzinnych kroczących ozonu przekracza wartość 120 µg/m³ w województwie śląskim, a w siatce 15 km x 15 km również w województwie małopolskim. Obniżyły się stężenia w województwie podkarpackim i lubuskim. Obszar występowania najniższych wartości stężeń w północnej części kraju jest znacznie większy niż w wariancie I i obejmuje wszystkie 5 północnych województw.



Rysunek 12. Wskaźnik SOMO35 dla obszaru Polski w 2017 roku w wariantcie I. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx).

Wskaźnik SOMO35 na obszarze Polski w ramach wariantu I dla 2017 roku najwyższe wartości osiągnął dla obszaru południowej części kraju w województwach podkarpackim, małopolskim, dolnośląskim i śląskim. W miastach i aglomeracjach wskaźnik ten wyraźnie spada do wartości poniżej 2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{doba}$ (aglomeracja górnośląska, warszawska, poznańska, wrocławska, trójmiejska czy Toruń). W obu siatkach obszary występowania najwyższych wartości wskaźnika wyglądają podobnie.



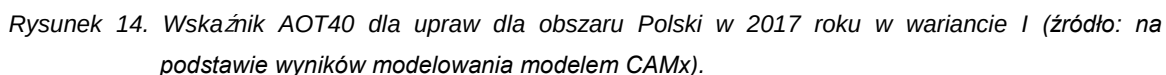
Rysunek 13. Wskaźnik SOMO35 dla obszaru Polski w 2017 roku dla wariantu II. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych).

W wariancie II wskaźnik SOMO35 spada w województwie śląskim i dolnośląskim, natomiast na terenie całego kraju wzrasta obszar na którym wskaźnik wynosi poniżej 3 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{doba}$. Obszary z wartością wskaźnika powyżej 6 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{doba}$ w siatce 15 km występują jeszcze w województwie podkarpackim i na granicy województwa śląskiego.

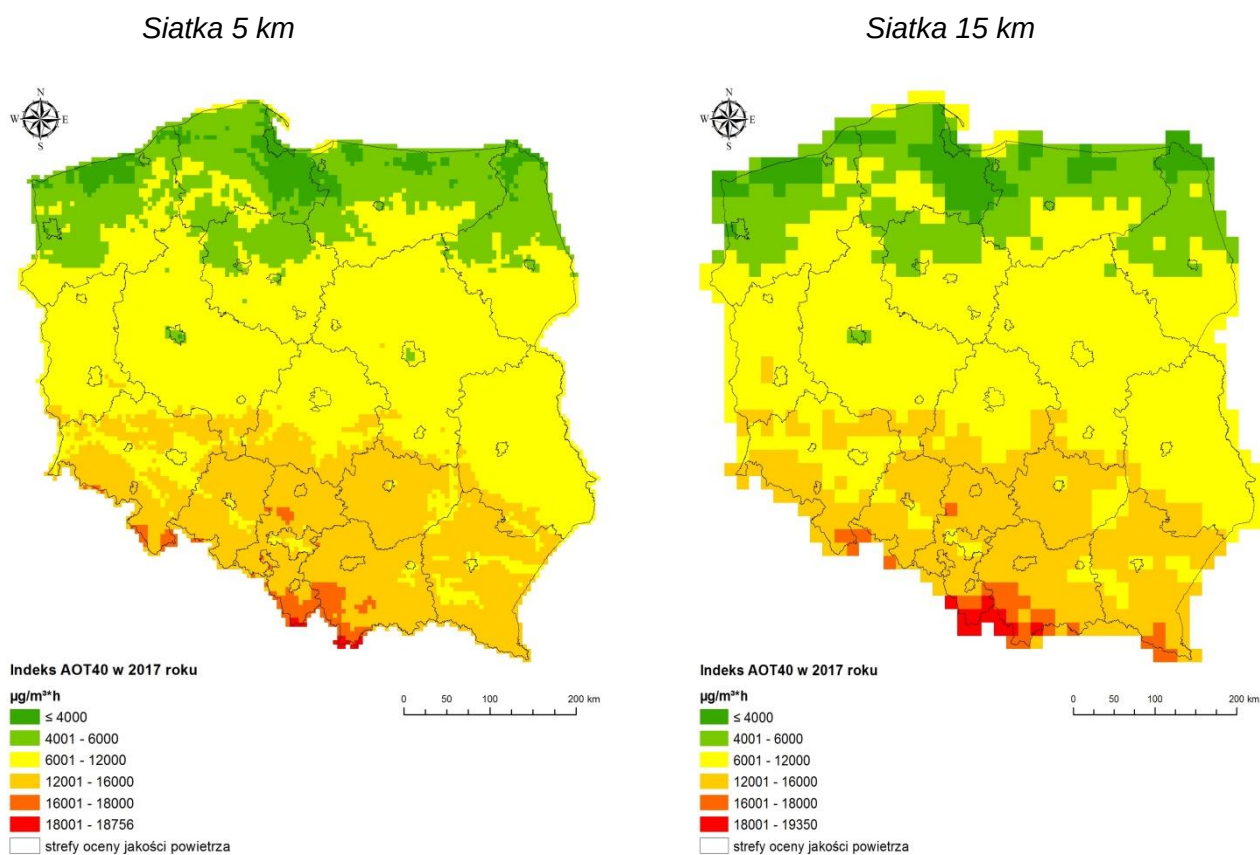
5.2. Poziomy stężenie ozonu zróżnicowane ze względu na ochronę roślin w skali kraju

Obliczenia stężeń ozonu z modelu CAMx, podobnie jak w przypadku stężeń odnoszących się do ochrony zdrowia, zostały wykonane dla 2017 roku oraz dla wielolecia 2013-2017, w siatkach o rozdzielczości 5 km i 15 km również ze względu na ochronę roślin i zobrazowane zostały w dwóch wariantach.

W przypadku wskaźnika AOT40 przeanalizowano również wskaźnik zarówno dla upraw, jak i osobno dla lasów. Wskaźnik wyliczony dla okresu maj - lipiec ma znaczenie dla upraw takich jak pszenica oraz dla naturalnej roślinności. Natomiast wskaźnik



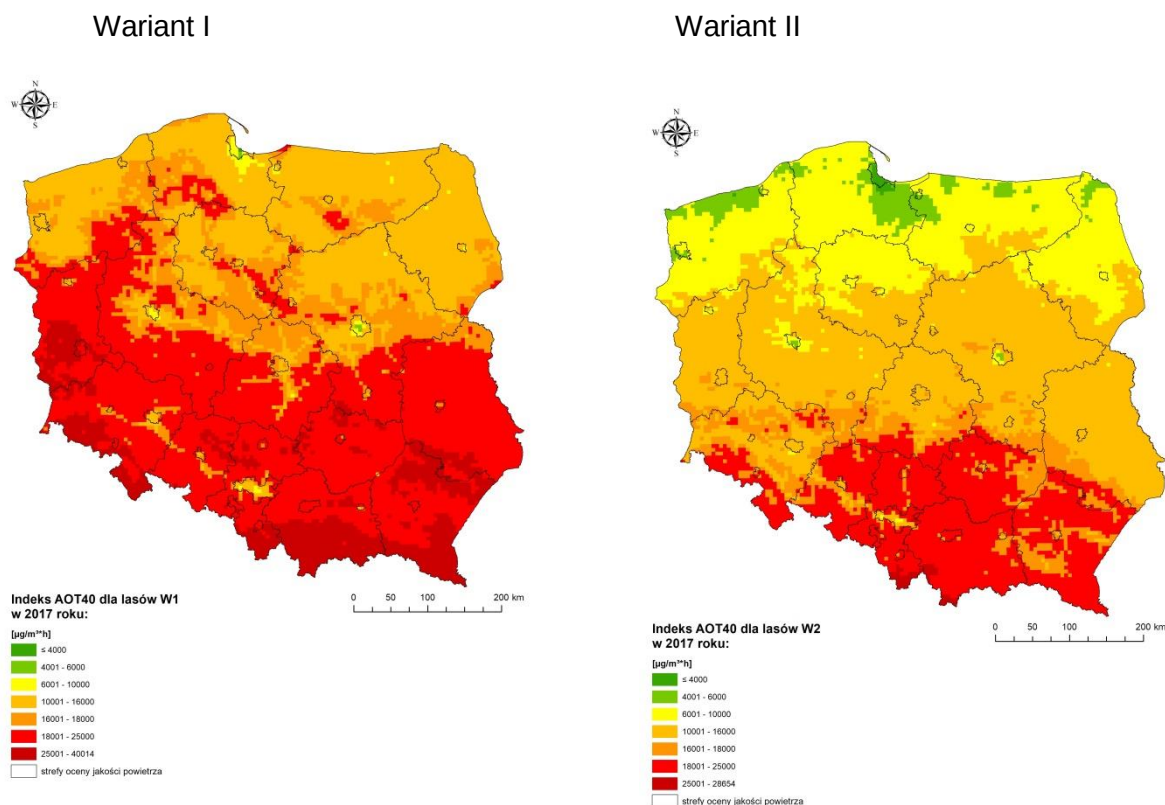
Poziom celu długoterminowego dla ozonu ze względu na ochronę roślin wynoszący 6 000 µg/m³*h w 2017 roku został przekroczony na terenie całego kraju poza aglomeracją trójmiejską, warszawską i poznańską. Najniższe wartości występują w obszarze północno-wschodniej Polski, a także w aglomeracji warszawskiej i poznańskiej. W siatce 15 x15 km obszar na którym stężenia nie przekraczają wartości 6 000 µg/m³*h występuje tylko w aglomeracji trójmiejskiej.



Rysunek 15. Wskaźnik AOT40 dla upraw dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie II (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych).

W wariancie II po połączeniu z wynikami pomiarów wyraźnie spadły stężenia z przedziału poniżej 6 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ w obszarze północnej Polski. W miastach i aglomeracjach północy kraju stężenia wynoszą poniżej 4 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ zarówno w siatce 5 km jak i 15 km. Najwyższe stężenia występują w południowej części kraju w województwach dolnośląskim, opolskim, śląskim, małopolskim i w siatce 15 km również w województwie podkarpackim. W porównaniu do wariantu I znacznie zmalał obszar występowania wartości w przedziale od 12 000 do 16 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$.

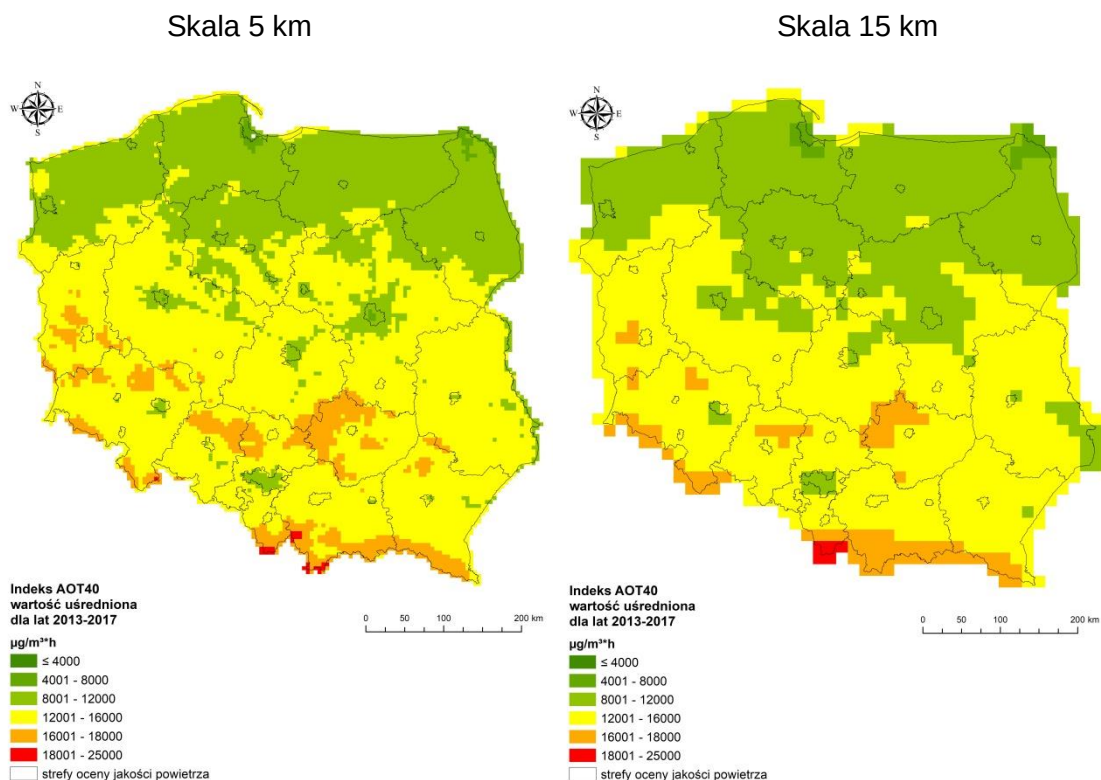
Wskaźnik AOT dla lasów wyznaczony został w siatce 5 km x 5 km dla skali kraju w obu wariantach.



Rysunek 16. Wskaźnik AOT40 dla lasów dla obszaru Polski w 2017 roku w wariantach I i II w skali 5 km x 5 km.

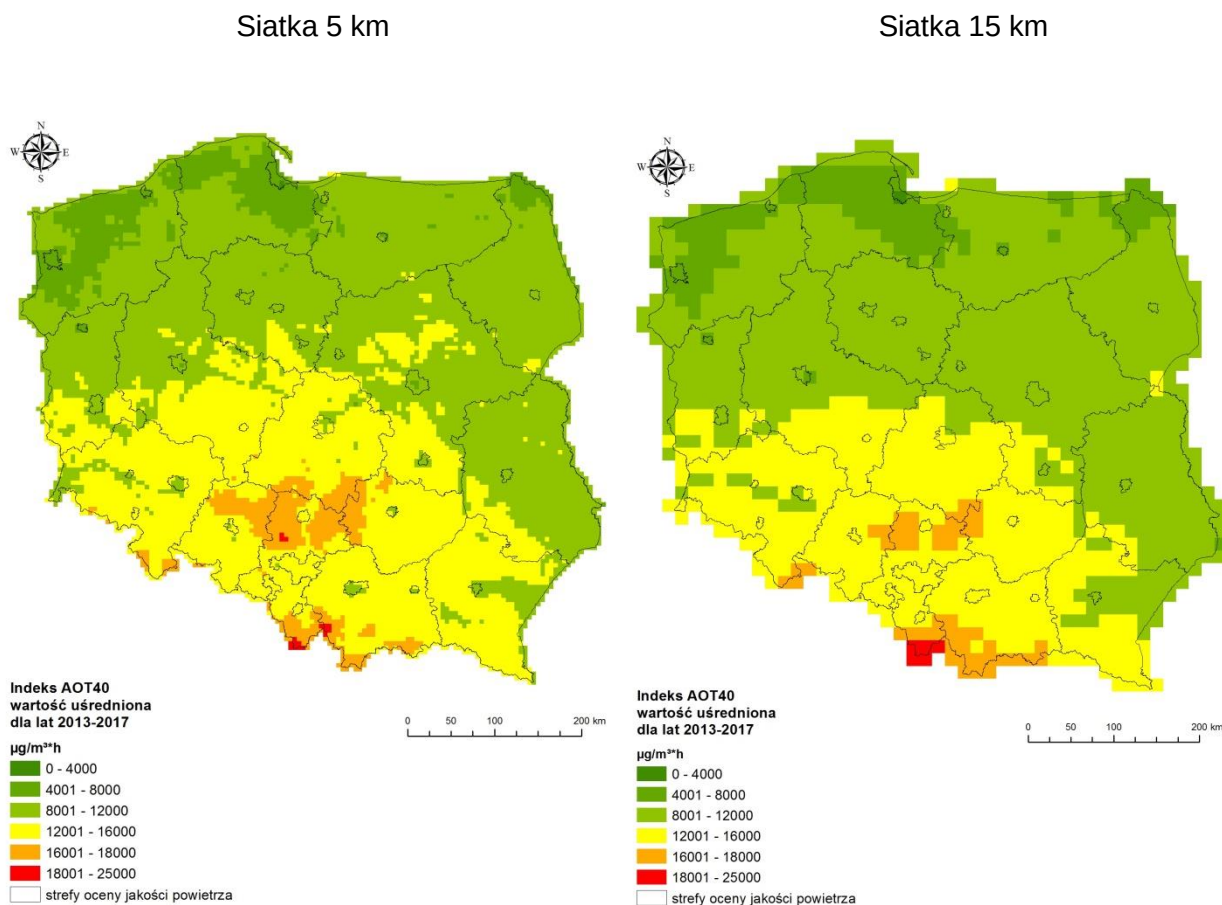
Wartości wskaźnika AOT40 dla lasów w wariantach I i II przekraczają wartość 30 000 µg/m³·h w południowej części województwa małopolskiego i podkarpackiego. Obszary podwyższonych wartości wskaźnika powyżej 25 000 µg/m³·h w wariantach I i II usytuowane są w południowej części kraju oraz w województwie świętokrzyskim i lubuskim. Największy obszar z wysokimi wartościami wskaźnika AOT40 dla lasów znajduje się w województwie małopolskim i podkarpackim. W wariantach I i II obszar wysokich wartości wskaźnika AOT40 kumuluje się w południowej części kraju. Obszary ze wskaźnikiem powyżej 25 000 µg/m³·h w wariantach I i II są usytuowane w rejonach południowych województwa małopolskiego i śląskiego.

W zakresie wskaźnika AOT40 w odniesieniu do wartości docelowej przeprowadzono analizę dla lat 2013-2017.



Rysunek 17. Wskaźnik AOT40 dla obszaru Polski uśredniony dla okresu 2013-2017 w wariancie 1. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx)

Wskaźnik AOT40 uśredniony dla wielolecia 2013-2017 w wariancie I wskazuje na przekroczenie wartości docelowej ozonu wynoszącej 18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ na obszarze województwa małopolskiego - południowa część oraz nieznaczny obszar w województwie śląskim w wynikach dla siatki 5 x 5 km. Obszar ten występuje również w wynikach w siatce 15x15 km, natomiast nie ma obszaru na terenie województwa małopolskiego. Najniższe wartości wskaźnika występują w części północnej kraju oraz w aglomeracjach i nie przekraczają wartości 12 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$.



Rysunek 18. Wskaźnik AOT40 dla obszaru Polski uśredniony dla okresu 2013-2017 w wariancie II. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych)

W wariancie II w połączeniu z wynikami pomiarów zmienia się obszar występowania najwyższych wartości wskaźnika AOT40 z okresu wielolecia. W południowej części kraju występują przekroczenia poziomu docelowego obejmujące obszar województw śląskiego i małopolskiego przy granicy kraju. W wariancie II zmienił się obszar występowania wartości w przedziale od 16 000 do 18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$, który został ograniczony do województw dolnośląskiego, opolskiego, śląskiego, świętokrzyskiego, małopolskiego i łódzkiego. Obszar występowania najniższych wartości znacznie się zwiększył w stosunku do wariantu I, szczególnie w województwach wielkopolskim, lubuskim i lubelskim.

5.3. Obszary przekroczeń wartości normy stężeń dla ozonu w skali kraju

Ze względu na ochronę zdrowia określono wielkość obszarów przekroczeń w obu wariantach dla:

- liczba dni, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8-godzinnych średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jako średnia dla lat 2015-2017, - poziom docelowy,
- liczba dni, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8-godzinnych średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2017 - poziom celu długoterminowego.

Tabela 2. Obszary przekroczeń poziomu docelowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jako średnia dla lat 2015-2017 (źródło: wyniki modelowania CAMx oraz analiz statystycznych)

Kod strefy	Nazwa strefy	Siatka 5 km		Siatka 15 km	
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób]
Wariant I					
PL1203	Strefa małopolska	48.83	0	466	0
Wariant II					
PL0204	strefa dolnośląska	612.96	488.38	44 353	50 105
PL1002	strefa łódzka	483.66	320.17	12 671	9 484
PL1203	strefa małopolska	530.50	0.00	44 466	0
PL1404	strefa mazowiecka	182.26	53.45	7 351	2 222
PL1602	strefa opolska	5.46	0.00	79	0
PL2403	miasto Bielsko-Biała	23.48	0.00	3 012	0
PL2405	strefa śląska	2 477.92	1 711.68	207 605	144 533
PL2602	strefa świętokrzyska	1 499.32	490.74	113 847	25 824

Tabela 3. Obszary przekroczeń poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w 2017 (źródło: wyniki modelowania CAMx oraz analiz statystycznych)

Kod strefy	Nazwa strefy	Siatka 5 km		Siatka 15 km	
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób.]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób.]
Wariant I					
PL0201	aglomeracja wrocławska	275.82	599 800	275.82	599 800
PL0202	miasto Legnica	52.98	92 474	52.98	92 474
PL0203	miasto Wałbrzych	79.72	105 631	79.72	105 631
PL0204	strefa dolnośląska	18 356.93	1 929 854	18 356.93	1 929 854
PL0401	aglomeracja bydgoska	62.58	139 978	80.28	96 858
PL0402	miasto Toruń	109.88	193 495	109.88	193 495
PL0403	miasto Włocławek	79.9	107 822	79.9	107 822

Raport z modelowania stężeń ozonu w skali kraju. Rok 2017

Kod strefy	Nazwa strefy	Siatka 5 km		Siatka 15 km	
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób.]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób.]
PL0404	strefa kujawsko-pomorska	1 1843.24	904 034	11 376.35	888 278
PL0601	aglomeracja lubelska	139.02	325 277	139.02	325 277
PL0602	strefa lubelska	23 515.96	1 688 095	23 515.96	1 688 095
PL0801	miasto Gorzów Wielkopolski	81.27	117 262	81.27	117 262
PL0802	miasto Zielona Góra	263.01	132 623	263.01	132 623
PL0803	strefa lubuska	12 873.38	714 261	12 873.38	714 261
PL1001	aglomeracja łódzka	386.46	807 058	386.46	807 058
PL1002	strefa łódzka	16 795.74	1 531 788	16 795.74	1 531 788
PL1201	aglomeracja krakowska	306.57	719 010	306.57	719 010
PL1202	miasto Tarnów	67.86	100 655	67.86	100 655
PL1203	strefa małopolska	13 856.75	2 361 123	13 856.75	2 361 123
PL1401	aglomeracja warszawska	413.79	1 110 674	488.79	1 653 894
PL1402	miasto Płock	83.35	113 913	83.35	113 913
PL1403	miasto Radom	105.25	202 255	105.25	202 255
PL1404	strefa mazowiecka	30 475.1	2 954 080	30 253.86	2 955 276
PL1601	miasto Opole	140.11	122 190	140.11	122 190
PL1602	strefa opolska	8 701.12	815 361	8 701.12	815 361
PL1801	miasto Rzeszów	112.91	177 103	112.91	177 103
PL1802	strefa podkarpacka	16 620.91	1 820 894	16 620.91	1 820 894
PL2001	aglomeracja białostocka	96.95	280 728	96.95	280 728
PL2002	strefa podlaska	17 945.66	730 812	17 957.58	798 811
PL2201	aglomeracja trójmiejska	14.37	1 591	1.23	130
PL2202	strefa pomorska	4 209.04	151 263	3 915.02	150 306
PL2401	aglomeracja górnośląska	1 143.45	1 741 407	1 143.45	1 741 407
PL2402	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	279.56	276 998	279.57	277 010
PL2403	miasto Bielsko-Biała	116.72	161 870	116.72	161 870
PL2404	miasto Częstochowa	150.21	208 212	150.21	208 212
PL2405	strefa śląska	9 886.72	1 879 098	9 886.71	1 879 086
PL2601	miasto Kielce	103.14	182 130	103.14	182 130
PL2602	strefa świętokrzyska	10 906.43	993 443	10 906.43	993 443
PL2802	Miasto Elbląg	28.48	4 732	-	-
PL2803	strefa warmińsko-mazurska	5 961.87	284 007	5 286.3	302 550
PL3001	aglomeracja poznańska	247.84	510 576	247.84	510 576
PL3002	miasto Kalisz	65.43	95 476	65.43	95 476
PL3003	strefa wielkopolska	27 900.09	2 693 134	27 886.42	2 692 954
PL3201	aglomeracja szczecińska	285.88	378 578	285.88	378 578
PL3202	miasto Koszalin	68.98	45 338	77.88	100 603
PL3203	strefa zachodniopomorska	19 118.2	940 256	19 176.68	955 511
Wariant II					
PL0201	aglomeracja wrocławska	275.82	599 800	275.82	599 800
PL0202	miasto Legnica	52.98	92 474	52.98	92 474
PL0203	miasto Wałbrzych	79.72	105 631	79.72	105 631
PL0204	strefa dolnośląska	18 356.93	1 929 854	18 356.93	1 929 854
PL0401	aglomeracja bydgoska	78.94	84 539	93.65	106 833

Kod strefy	Nazwa strefy	Siatka 5 km		Siatka 15 km	
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób.]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób.]
PL0402	miasto Toruń	52.91	50 743	109.88	193 495
PL0403	miasto Włocławek	79.9	107 822	79.9	107 822
PL0404	strefa kujawsko-pomorska	10 922.24	779 023	11 980.07	930 143
PL0601	aglomeracja lubelska	139.02	325 277	139.02	325 277
PL0602	strefa lubelska	23 515.96	1 688 095	23 515.96	1 688 095
PL0801	miasto Gorzów Wielkopolski	81.27	117 262	81.27	117 262
PL0802	miasto Zielona Góra	263.01	132 623	263.01	132 623
PL0803	strefa lubuska	12 873.38	714 261	12 873.38	714 261
PL1001	aglomeracja łódzka	386.46	807 058	386.46	807 058
PL1002	strefa łódzka	16 795.74	1 531 788	16 795.74	1 531 788
PL1201	aglomeracja krakowska	306.57	719 010	306.57	719 010
PL1202	miasto Tarnów	67.86	100 655	67.86	100 655
PL1203	strefa małopolska	13 856.75	2 361 123	13 856.75	2 361 123
PL1401	aglomeracja warszawska	363.81	885 697	488.79	1 653 894
PL1402	miasto Płock	83.35	113 913	83.35	113 913
PL1403	miasto Radom	105.25	202 255	105.25	202 255
PL1404	strefa mazowiecka	32 840.90	3 077 802	31 903.74	3 003 821
PL1601	miasto Opole	140.11	122 190	140.11	122 190
PL1602	strefa opolska	8 701.12	815 361	8 701.12	815 361
PL1801	miasto Rzeszów	112.91	177 103	112.91	177 103
PL1802	strefa podkarpacka	16 620.91	1 820 894	16 620.91	1 820 894
PL2001	aglomeracja białostocka	10.41	41 617	96.95	280 728
PL2002	strefa podlaska	9 808.13	363 683	17 042.86	759 767
PL2201	Aglomeracja trójmiejska	-	-	167.9	377 726
PL2202	strefa pomorska	2 886.65	56 146	10 817.73	658 303
PL2401	aglomeracja górnośląska	1 143.45	1 741 407	1 143.45	1 741 407
PL2402	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	279.56	276 998	279.57	277 010
PL2403	miasto Bielsko-Biała	116.72	161 870	116.72	161 870
PL2404	miasto Częstochowa	150.21	208 212	150.21	208 212
PL2405	strefa śląska	9 886.72	1 879 098	9 886.71	1 879 086
PL2601	miasto Kielce	103.14	182 130	103.14	182 130
PL2602	strefa świętokrzyska	10 906.43	993 443	10 906.43	993 443
PL2801	miasto Olsztyn	15.32	8 449	-	-
PL2803	strefa warmińsko-mazurska	6 952.78	268 241	7 445.7	387 947
PL3001	aglomeracja poznańska	60.77	67 859	247.84	510 576
PL3002	miasto Kalisz	65.43	95 476	65.43	95 476
PL3003	strefa wielkopolska	27 425.53	2 584 804	27 886.42	2 692 954
PL3201	Aglomeracja szczecińska	-	-	285.88	378 578
PL3202	Miasto Koszalin	-	-	93.91	101766
PL3203	strefa zachodniopomorska	7 930.4	243 934	20 248.46	1 008 724

Obszary przekroczeń wyznaczono również ze względu na ochronę roślin jako wskaźniki:

- przekroczeń poziomu docelowego jako indeksu AOT40 określonego w celu ochrony roślin uśrednione dla lat 2013-2017,
- przekroczeń poziomu celu długoterminowego jako indeksu AOT40 określonego w celu ochrony roślin w 2017 r.

Tabela 4. Obszary przekroczeń poziomu docelowego jako indeksu AOT40 określonego w celu ochrony roślin uśrednione dla lat 2013-2017 (źródło: wyniki modelowania CAMx oraz analiz statystycznych)

Kod strefy	Nazwa strefy	Siatka 5 km	Siatka 15 km
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]
Wariant I			
PL1203	strefa małopolska	231,57	0
PL2405	strefa śląska	105,07	372,22
Wariant II			
PL1203	strefa małopolska	88,82	0
PL2405	strefa śląska	204,41	372,20

Tabela 5. Obszary przekroczeń poziomu celu długoterminowego jako indeksu AOT40 określonego w celu ochrony roślin w 2017 roku (źródło: wyniki modelowania CAMx oraz analiz statystycznych)

Kod strefy	Nazwa strefy	Siatka 5 km	Siatka 15 km
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]
Wariant I			
PL0201	aglomeracja wrocławska	275.82	275.82
PL0202	miasto Legnica	52.98	52.98
PL0203	miasto Wałbrzych	79.72	79.72
PL0204	strefa dolnośląska	18 356.93	18 356.93
PL0401	aglomeracja bydgoska	167.20	167.20
PL0402	miasto Toruń	109.88	109.88
PL0403	miasto Włocławek	79.90	79.90
PL0404	strefa kujawsko-pomorska	16 699.43	16 699.43
PL0601	aglomeracja lubelska	139.02	139.02
PL0602	strefa lubelska	23 515.96	23 515.96
PL0801	miasto Gorzów Wielkopolski	81.27	81.27
PL0802	miasto Zielona Góra	263.01	263.01
PL0803	strefa lubuska	12 873.38	12 873.38
PL1001	aglomeracja łódzka	386.46	386.46
PL1002	strefa łódzka	16 795.74	16 795.74
PL1201	aglomeracja krakowska	306.57	306.57
PL1202	miasto Tarnów	67.86	67.86
PL1203	strefa małopolska	13 856.75	13 856.75
PL1401	aglomeracja warszawska	349.32	488.79
PL1402	miasto Płock	83.35	83.35
PL1403	miasto Radom	105.25	105.25
PL1404	strefa mazowiecka	32 949.48	32 960.01
PL1601	miasto Opole	140.11	140.11
PL1602	strefa opolska	8 701.12	8 701.12

Kod strefy	Nazwa strefy	Siatka 5 km	Siatka 15 km
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]
PL1801	miasto Rzeszów	112.91	112.91
PL1802	strefa podkarpacka	16 620.91	16 620.91
PL2001	aglomeracja białostocka	96.95	96.95
PL2002	strefa podlaska	19 078.45	19 078.45
PL2201	aglomeracja trójmiejska	114.44	126.57
PL2202	strefa pomorska	16 816.63	16 798.24
PL2401	aglomeracja górnośląska	1 118.45	1 143.45
PL2402	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	279.56	279.57
PL2403	miasto Bielsko-Biała	116.72	116.72
PL2404	miasto Częstochowa	150.21	150.21
PL2405	strefa śląska	9 886.70	9 886.71
PL2601	miasto Kielce	103.14	103.14
PL2602	strefa świętokrzyska	10 906.43	10 906.43
PL2801	miasto Olsztyn	84.10	84.10
PL2802	miasto Elbląg	76.11	76.11
PL2803	strefa warmińsko-mazurska	22 799.63	22 874.63
PL3001	aglomeracja poznańska	222.84	247.84
PL3002	miasto Kalisz	65.43	65.43
PL3003	strefa wielkopolska	27 900.09	27 900.09
PL3201	aglomeracja szczecińska	285.88	285.88
PL3202	miasto Koszalin	93.910	93.91
PL3203	strefa zachodniopomorska	21 397.54	21 397.54
Wariant II			
PL0201	aglomeracja wrocławska	275.82	275.82
PL0202	miasto Legnica	52.98	52.98
PL0203	miasto Wałbrzych	79.72	79.72
PL0204	strefa dolnośląska	18 356.93	18 356.93
PL0401	aglomeracja bydgoska	78.94	93.65
PL0402	miasto Toruń	52.91	109.88
PL0403	miasto Włocławek	79.90	79.90
PL0404	strefa kujawsko-pomorska	10 922.24	10 651.61
PL0601	aglomeracja lubelska	139.02	139.02
PL0602	strefa lubelska	23 515.96	23 515.96
PL0801	miasto Gorzów Wielkopolski	81.27	81.27
PL0802	miasto Zielona Góra	263.01	263.01
PL0803	strefa lubuska	12 873.38	12 873.38
PL1001	aglomeracja łódzka	386.46	386.46
PL1002	strefa łódzka	16 795.74	16 795.74
PL1201	aglomeracja krakowska	306.57	306.57
PL1202	miasto Tarnów	67.86	67.86
PL1203	strefa małopolska	13 856.75	13 856.75
PL1401	aglomeracja warszawska	363.81	488.79
PL1402	miasto Płock	83.35	83.35
PL1403	miasto Radom	105.25	105.25
PL1404	strefa mazowiecka	32 840.90	32 742.38
PL1601	miasto Opole	140.11	140.11
PL1602	strefa opolska	8 701.12	8 701.12

Kod strefy	Nazwa strefy	Siatka 5 km	Siatka 15 km
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]
PL1801	miasto Rzeszów	112.91	112.91
PL1802	strefa podkarpacka	16 620.91	16 620.91
PL2001	aglomeracja białostocka	10.41	31.33
PL2002	strefa podlaska	9 808.13	9 233.42
PL2201	aglomeracja trójmiejska	0	0
PL2202	strefa pomorska	2 886.65	3 789.48
PL2401	aglomeracja górnośląska	1 143.45	1 143.45
PL2402	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	279.56	279.57
PL2403	miasto Bielsko-Biała	116.72	116.72
PL2404	miasto Częstochowa	150.21	150.21
PL2405	strefa śląska	9 886.72	9 886.71
PL2601	miasto Kielce	103.14	103.14
PL2602	strefa świętokrzyska	10 906.43	10 906.43
PL2801	miasto Olsztyn	15.32	0.25
PL2802	miasto Elbląg	0	0
PL2803	strefa warmińsko-mazurska	6 952.78	7 419.38
PL3001	aglomeracja poznańska	60.77	57.06
PL3002	miasto Kalisz	65.43	65.43
PL3003	strefa wielkopolska	27 425.53	27 158.41
PL3201	aglomeracja szczecińska	0	0
PL3202	miasto Koszalin	0	0
PL3203	strefa zachodniopomorska	7 930.40	7 963.75

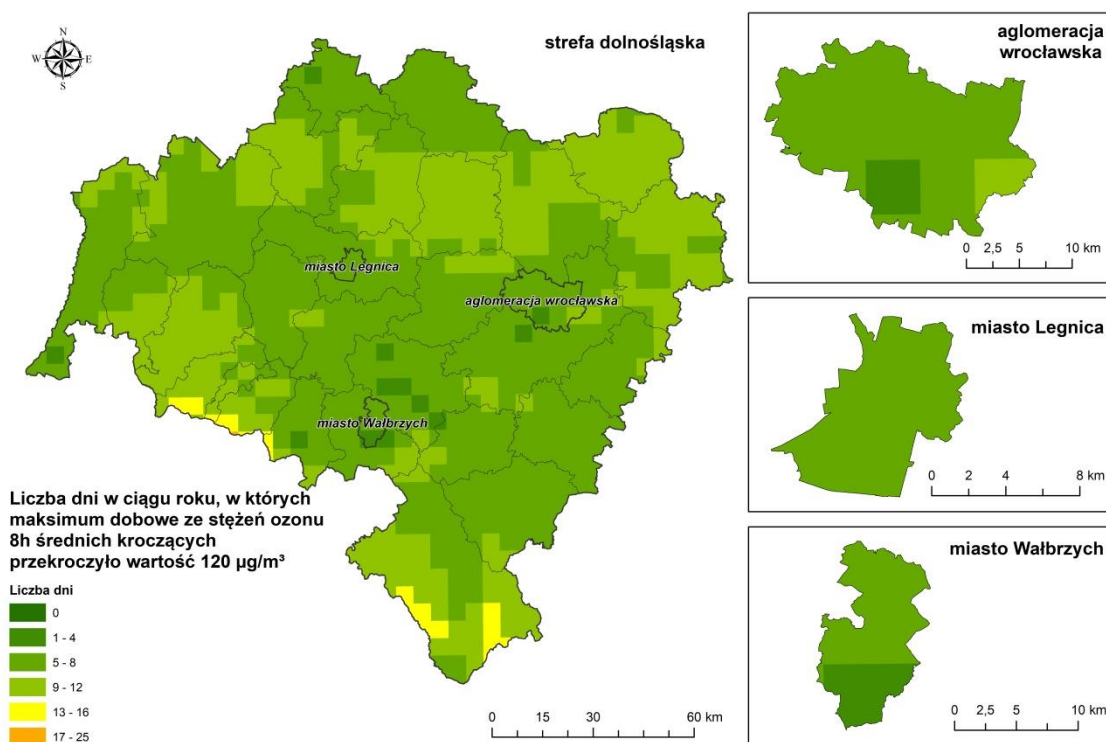
5.4. Podsumowanie wojewódzkiej oceny jakości powietrza w zakresie ozonu troposferycznego dla 2017 roku

Modelowanie w skali województw przeprowadzono w siatce obliczeniowej o rozdzielczości 5 km zarówno dla parametrów określonych ze względu na ochronę zdrowia jak i ochronę roślin w dwóch wariantach analizy. Dokonana analiza w skali województw obejmowała wyznaczenie wymaganych parametrów obliczeniowych w punktach siatki w obrębie każdego województwa z podziałem na strefy oceny jakości powietrza określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz.U. z dnia 10 sierpnia 2012 r., poz. 914). Wyznaczono następujące parametry statystyczne:

- liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich kroczących przekroczyła wartość 120 µg/m³ w 2017 roku;
- liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich kroczących przekroczyło wartość 120 µg/m³ z okresu 2015-2017;
- liczba dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość 180 µg/m³ w 2017 roku;

- liczba dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2017 roku;
- percentyl 93,15 ze średnich 8h kroczących ozonu w 2017;
- wskaźnik SOMO35 w 2017 roku;
- wskaźnik AOT40 w 2017;
- wskaźnik AOT40 uśredniony dla okresu 2013-2017.

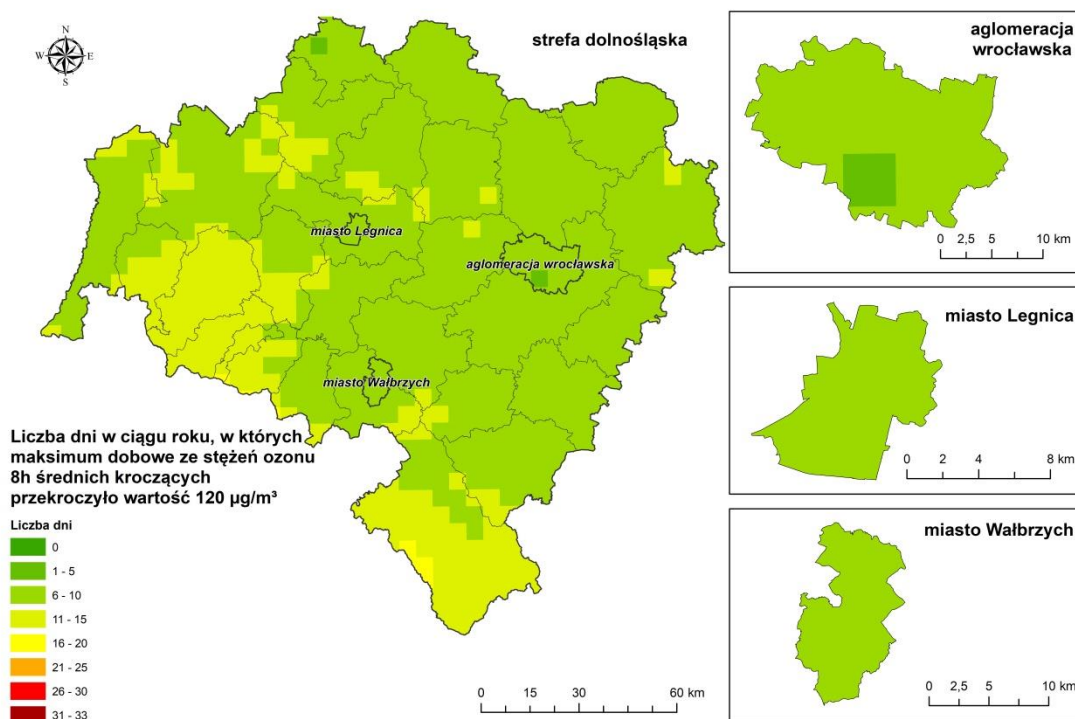
Na podstawie uzyskanych danych obliczeniowych opracowano wizualizację wyników modelowania. W wariancie I wykonano interpolację danych punktowych z wykorzystaniem metody IDW, której efektem końcowym są rastry o rozdzielczości 250 m. Przykładową mapę z modelowania wojewódzkiego przedstawia rysunek.



Rysunek 19. Liczba dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8h średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w województwie dolnośląskim w 2017 r. w wariancie 1.

Wariant II obejmował korektę wyników modelu do wyników pomiarów otrzymanych ze stacji Państwowego Monitoringu Środowiska z wykorzystaniem analiz przestrzennych w środowisku GIS. Kalibracja wyników dla każdego województwa przebiegała wieloetapowo, z wykorzystaniem regresji liniowej (OLS) oraz krigingu reszt regresji (Empirical Bayesian Kriging). Analizę prowadzono w dwóch podzbiorach, z uwzględnieniem stacji miejskich i podmiejskich (łącznie) oraz stacji pozamiejskich,

gdzie równania regresji opierały się na zamodelowanych receptorach dyskretnych dla punktów stacji. Ze względu na relatywnie niewielką i nierównomiernie rozmieszczoną liczbę punktów pomiarowych, narzędzie wspomagające analizę stanowiły rastry referencyjne tła miejskiego i pozamiejskiego interpolowane na podstawie wyników pomiarów, z których pozyskiwano uzupełniające punkty reperowe, reprezentatywne odpowiednio dla obszarów o określonej gęstości zaludnienia. Każdy z punktów modelowania był klasyfikowany do jednego z trzech przedziałów gęstości zaludnienia (powyżej 500 osób/km², poniżej 50 osób/km² oraz obszary pośrednie) i podlegał kalibracji zgodnie z przyjętym schematem. Finalnym efektem wariantu II był ponownie zestaw wartości przeliczonych dla wszystkich punktów oraz raster o rozdzielczości 250 m, będący wynikiem interpolacji danych w punktach węzłowych siatki. Przykład mapy w wariantie II dla modelowania wojewódzkiego reprezentuje rysunek.



Rysunek 20. Liczba dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8h średnich krocących przekroczyło wartość 120 µg/m³ w województwie dolnośląskim w 2017 r. w wariantie 2.

Na podstawie sporządzonych rastrów, dla każdego z wariantów opracowano następnie pliki w formacie shapefile reprezentujące poligony, stanowiące obszary przekroczeń wartości docelowych lub celu długoterminowego stężeń ozonu. Tabela atrybutów każdego pliku zawiera podstawowe informacje o strefie oceny jakości powietrza, wielkości danego obszaru oraz liczbie ludności narażonej na ponadnormatywne stężenia ozonu w powietrzu.

Do sporządzenia rastra gęstości zaludnienia wykorzystano dane statystyczne z Narodowego Spisu Ludności za 2011 rok, w obwodach statystycznych, których obszary zostały pobrane w postaci warstwy SHP ze strony Głównego Urzędu Statystycznego (www.stat.gov.pl). Poligony z gęstością zaludnienia wyliczoną dla obwodów spisowych z 2011 roku PD_BREC_2011_OBW (cecha GESTOSC2) przekształcono w raster (polygon to raster). Liczba ludności w obwodach spisowych została następnie zaktualizowana pomiędzy rokiem 2011, a rokiem 2017, na podstawie danych GUS (dane dostępne za I kwartał 2017), za pomocą wskaźnika aktualizacyjnego wyliczonego na gminę. Raster sporządzono z rozdzielczością 100 m.

Zmiana rastra wejściowego określającego gęstość zaludnienia z używanego w poprzednich opracowaniach z rastra popu01clcv5.tif, którego konstrukcja bazowała na dysagregacji danych statystycznych dla jednostek administracyjnych na bazie klas użytkowania terenu Corine Land Cover, wynikała z relatywnie przestarzałej wersji CLC (2000) na której bazował ów raster. O ile dane na temat wielkości populacji przypadającej na gminę były sukcesywnie aktualizowane w kolejnych latach za pomocą wskaźników, o tyle danych na temat rozmieszczenia i zasięgu klas użytkowania terenu nie można było zaktualizować nie odtwarzając całej skomplikowanej procedury dysagregacji. Ponadto CLC obejmuje tylko dwie klasy wydzieleni zabudowy miejskiej, wobec czego zróżnicowanie gęstości zaludnienia w miastach, które najczęściej są miejscami wystąpienia przekroczeń norm jakości powietrza, było nie dość precyzyjne. Pod tym względem obwody spisowe, które na terenach gęsto zaludnionych mają małe obszary, dostarczają bardziej szczegółowej informacji. Analizując dane na temat liczby ludności narażonej na ponadnormatywne stężenia ozonu należy mieć na uwadze zmianę metody szacowania i możliwe wynikające z niej różnice między rokiem obecnym a poprzednim.

Poligony z obszarami przekroczeń przygotowane zostały w wersji szczegółowej (z wyodrębnieniem wszystkich obszarów cząstkowych jako osobnych obiektów) oraz zagregowanej do multipoligonów, dla każdej strefy oceny jakości powietrza w danym województwie.

Rozkład stężeń w skali województw

W województwie dolnośląskim w wyniku przeprowadzonego modelowania matematycznego w wariancie II zidentyfikowano obszary przekroczeń liczby dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8-godzinnych średnich krocących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w okresie trzyletnim (2015-2017) oraz w obu wariantach modelowania przekroczony został poziom długoterminowy liczby dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8-godzinnych średnich krocących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wskaźnik AOT40 dla roku 2017 został przekroczony w obu wariantach modelowania. W przypadku wskaźnika AOT40 dla wielolecia

w województwie dolnośląskim wartość docelowa została przekroczona w wariancie I. Wskaźnik SOMO35 w województwie dolnośląskim został przekroczony w wariancie I modelowania.

W województwie kujawsko-pomorskim w obu wariantach wystąpiły obszary przekroczeń celu długoterminowego dla ozonu w zakresie maksimum dobowego stężeń 8-godzinnych kroczących ozonu oraz dla wartości celu długoterminowego wskaźnika AOT40 dla roku 2017 również w obu wariantach modelowania.

W województwie lubelskim w obu wariantach wystąpiły obszary przekroczeń celu długoterminowego dla ozonu w zakresie maksimum dobowego stężeń 8-godzinnych kroczących ozonu oraz zidentyfikowano przekroczenie wskaźnika AOT40 dla 2017 roku w obu wariantach modelowania.

W województwie lubuskim w obu wariantach wystąpiły obszary przekroczeń celu długoterminowego dla ozonu w zakresie maksimum dobowego stężeń 8-godzinnych kroczących ozonu, przekroczony został również wskaźnik AOT40 w 2017 roku w obu wariantach modelowania.

W województwie łódzkim przekroczona została liczba dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8-godzinnych średnich kroczących dla średniej z 3 lat przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w wariancie II, natomiast w obu wariantach wystąpiły obszary przekroczeń celu długoterminowego dla ozonu w zakresie maksimum dobowego stężeń 8-godzinnych kroczących ozonu. Wartości wskaźnika AOT40 przekroczone są w obu wariantach analiz dla roku 2017.

W województwie małopolskim przekroczony został poziom docelowy określony liczbą dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8-godzinnych średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla ostatnich trzech lat, a także przekroczony został również poziom celu długoterminowego w zakresie również 8-godzinnych średnich kroczących dla roku 2017 w obu wariantach modelowania. Przekroczenia wskaźników SOMO35 i AOT40 dla roku 2017 jak i dla wielolecia wystąpiły w obu wariantach.

W województwie mazowieckim przekroczona została dopuszczalna liczba 25 dni z przekroczeniem maksymalnego dobowego stężenia 8-godzinnego powyżej wartości $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w wariancie II dla okresu trzyletniego. Przekroczona została również wartość celu długoterminowego w zakresie maksymalnych dobowych stężeń 8-godzinnych kroczących ozonu dla roku 2017 w obu wariantach modelowania. Wskaźnik AOT40 dla roku 2017 w obu wariantach analiz wskazał na przekroczenie celu długoterminowego.

W województwie opolskim liczba dni z przekroczeniem poziomu $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maksymalnej średniej 8-godzinnej kroczącej w roku 2017 była przekroczona w obu wariantach analiz. Przekroczony został również percentyl 93,15 ze średnich 8h kroczących ozonu w wariancie II modelowania. Poziom docelowy określony dla okresu trzyletniego (2015-2017) również został przekroczony w analizach wariantu II. Wartość wskaźnika AOT40 dla roku 2017 przekracza wartość celu długoterminowego w obu wariantach obliczeniowych, natomiast przekroczenie poziomu docelowego wystąpiło w wariancie II.

W województwie podkarpackim w obu wariantach analiz wystąpiło przekroczenie wskaźnika SOMO35 i AOT40 dla wartości celu długoterminowego. Wystąpiły również obszary przekroczenia poziomu celu długoterminowego dla stężeń 8-godzinnych kroczących w obu wariantach modelowania.

W województwie podlaskim wskaźnik AOT40 dla roku 2017 jako spełnienie celu długoterminowego nie został dotrzymany w obu wariantach analiz. Wartość stężenia maksimum dobowego 8-godzinnych średnich kroczących powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2017 zidentyfikowano w obu wariantach modelowania, co kwalifikuje do przekroczenia poziomu celu długoterminowego.

W województwie pomorskim AOT40 dla roku 2017 jako spełnienie celu długoterminowego nie został dotrzymany w obu wariantach analiz. Brak jest przekroczenia poziomu docelowego dla stężeń maksymalnych dobowych średnich 8-godzinnych kroczących ozonu, natomiast został przekroczony poziom celu długoterminowego w obu wariantach modelowania.

W województwie śląskim w obu wariantach analizy liczba dni z przekroczeniem stężenia $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla stężeń średnich 8-godzinnych kroczących ozonu z okresu roku 2017 i okresu 3 lat nie została dotrzymana, zatem przekroczony został poziom długoterminowy i docelowy. Wskaźnik SOMO35 został przekroczony w wariancie I modelowania. Przekroczony został również percentyl 93,15 ze średnich 8h kroczących ozonu w wariancie II modelowania. Wskaźnik AOT40 z okresu wielolecia (poziom docelowy) jak i z roku 2017 (poziom celu długoterminowego) został przekroczony w obu wariantach modelowania.

W województwie świętokrzyskim wyznaczono obszary, w których przekroczona została liczba dni, w których maksimum dobowe ze stężeń średnich kroczących 8-godzinnych ozonu przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w obu wariantach. Tym samym został przekroczony cel długoterminowy. Poziom docelowy nie został przekroczony w wariancie I, natomiast w wariancie II występują obszary na których liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń średnich kroczących 8-godzinnych ozonu przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekracza 25. Powyżej wartości celu

długoterminowego określony został również indeks AOT40 dla roku 2017 w obu wariantach.

W województwie warmińsko-mazurskim wskaźnik AOT40 dla roku 2017 jako spełnienie celu długoterminowego nie został dotrzymany w obu wariantach obliczeń. Nie dotrzymany został również poziom celu długoterminowego dla stężeń maksymalnych średnich 8-godzinnych kroczących ozonu dla roku 2017 w obu wariantach obliczeń.

W województwie wielkopolskim nie dotrzymany został poziom celu długoterminowego dla stężeń maksymalnych średnich 8-godzinnych kroczących ozonu dla roku 2017 w obu wariantach obliczeń. Wskaźnik AOT40 dla roku 2017 został przekroczony w obu wariantach obliczeniowych.

W województwie zachodniopomorskim wskaźnik AOT40 dla roku 2017 jako spełnienie celu długoterminowego nie został dotrzymany w obu wariantach modelowania, podobnie jak poziom celu długoterminowego dla maksymalnych średnich dobowych 8-godzinnych kroczących stężeń ozonu.

Wykonane obliczenia pozwoliły na określenie powierzchni obszarów, w których wystąpiło przekroczenie wartości docelowych dla ozonu oraz przekroczenia poziomu celu długoterminowego. Wyznaczona została również liczba ludności narażonej na występowanie przekroczeń w obu wariantach obliczeniowych. Zestawienie sumaryczne obszarów objętych przekroczeniem oraz liczba narażonej ludności dla każdej strefy w skali kraju została przedstawiona w rozdziale 5.3.

6. OCENA SPRAWDZALNOŚCI WYNIKÓW ZASTOSOWANYCH METOD

Do oceny sprawdzalności obliczeń modelowych w ramach oceny jakości powietrza zostały wykorzystane wyniki pomiarów stężeń ozonu troposferycznego oraz dwutlenku azotu na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska uzyskane w 2017 roku. Aby warunek reprezentatywności pomiarów został spełniony wzięte zostały pod uwagę serie pomiarowe, w których zachowane zostały warunki wskazane w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu², czyli spełniają warunek kompletności wyników na poziomie 75%.

W celu weryfikacji wyników modelowania pod kątem zgodności z wynikami pomiarów w punktach lokalizacji stanowisk pomiarowych Państwowego Monitoringu Środowiska porównane zostały serie czasowe dla wszystkich obszarów stref. Dla wyników serii czasowych stężeń ozonu oraz dwutlenku azotu obliczone zostały

² Dz.U. z 2012 r. poz. 1032

odpowiednie średnie stężenia modelowane i średnie stężenia zmierzone. Okresy uśredniania użyte do określenia niepewności modelowania wynikają z Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. Nr 0, Poz. 1032). Zgodnie z dyrektywą 2008/50/WE niepewność modelowania jest definiowana jako maksymalne odchylenie między zmierzonym, a obliczonym poziomem stężenia dla 90 % punktów monitoringu w danym okresie, dla wartości dopuszczalnej, z pominięciem sytuacji szczególnych.

Wyniki modelowania ozonu muszą spełniać wymagania niepewności na poziomie 50% dla stężeń średnich jednogodzinnych oraz ośmiogodzinnych ozonu i dwutlenku azotu, 50% dla stężeń dobowych dwutlenku azotu oraz 30% dla stężeń rocznych dwutlenku azotu.

Zakres analizy niepewności dokonywanej w ramach oceny jakości powietrza dla każdego roku obejmuje obliczenie podstawowych statystyk błędów. W celu określenia niepewności modelowania, dla każdego stanowiska pomiarowego obliczone zostało:

- RPE (Relative Percentile Error) – błąd względny percentyla,
- średnie odchylenie przeciętne (MBE – mean bias error),
- odchylenie średniokwadratowe (RMSE – root mean square error) ,
- współczynnik korelacji dla każdej stacji dla ciągu całorocznego.

Ocena jakości modelowania dla ozonu troposferycznego została przeprowadzona z wykorzystaniem najnowszej edycji programu do ewaluacji modeli – DELTA Tool v5.5. Narzędzie DELTA przeprowadza analizę w oparciu o dwa zbiory danych tj. wyniki z modelowania oraz dane z obserwacji. Danymi wejściowymi są serie czasowe wartości stężeń z punktów siatki modelu dyspersji.

Narzędzie DELTA wyznacza statystyki dla danej stacji tylko w przypadku, gdy wzajemne pokrycie danych model – obserwacja wynosi co najmniej 75% dla rozpatrywanego okresu. Analizy przeprowadzane dla okresów uśrednienia (np. średnie dobowe) również wymagają kompletności danych na poziomie 75%.

Tabela 6. Zestawienie analizy statystycznej wyników serii czasowych z modelowania stężeń ozonu troposferycznego w siatce 5 km x 5 km oraz 15 x 15 km dla obszaru Polski w 2017 r oraz wyników pomiarów.

Nazwa stacji	POMIAR				MODEL 5x5				MODEL 15x15			
	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby
DsBoleslaMOB	110.2	13 329.3	3 912.0	14	107.3	14 789.7	3 757.3	5	110.0	16 550.6	4 145.6	6
DsCzerStraza	118.8	15 359.9	6 155.6	20	112.9	20 986.6	5 642.4	10	111.3	19 826.8	5 130.5	9
DsJelGorOgin	113.8	16 353.7	4 734.9	15	112.5	19 700.3	4 751.5	7	111.5	19 191.4	4 762.8	8
DsKlodzSzkol	114.0	14 902.7	4 519.2	14	108.9	15 957.6	4 167.2	7	109.5	17 477.0	4 494.3	6
DsKudowaMOB	110.6	13 750.8	4 321.5	12	111.6	19 266.7	4 848.1	9	111.7	19 124.3	4 860.7	9
DsLegAlRzecz	112.2	13 130.9	3 851.1	10	105.1	12 763.3	3 355.9	5	108.5	15 987.7	3 980.5	7
DsOsieczow21	110.8	13 812.6	3 815.8	14	111.7	17 936.8	4 398.5	8	110.7	16 930.6	4 246.5	7
DsSniezkaObs	112.3	9 861.7	5 833.5	6	114.9	22 684.5	6 397.9	12	112.5	19 942.6	5 133.3	8
DsWalbrzWyso	110.7	15 491.0	4 345.3	10	110.2	17 281.5	4 508.7	4	109.4	16 649.6	4 257.4	5
DsWrocBartni	105.9	11 215.3	3 363.7	6	104.9	13 027.1	3 413.4	6	105.5	12 861.7	3 404.6	6
DsWrocWybCon	105.2	9 918.9	3 079.4	5	101.6	10 709.2	2 906.3	5	104.6	12 539.8	3 328.2	6
KpBydWarszaw	85.9	3 369.5	1 106.0	1	102.1	9 088.0	2 891.8	0	103.5	10 419.0	3 255.4	0
KpCiechTezni	97.3	5 879.3	2 331.1	2	104.1	11 553.1	3 314.2	2	105.1	11 923.2	3 420.1	5
KpKoniczynka	99.2	7 137.7	2 674.4	1	102.8	10 424.5	3 127.7	2	102.7	10 538.7	3 158.2	2
KpToruDziewu	86.1	2 747.4	1 115.4	0	101.1	8 819.5	2 779.7	0	101.5	9 511.8	2 956.6	0
KpWlocChelmMOB	100.1	7 318.0	2 617.2	4	106.5	13 005.4	3 577.8	7	105.8	12 575.0	3 537.9	7
KpZielBoryTu	90.9	5 356.7	2 051.0	2	104.5	11 660.1	3 698.5	0	104.4	11 522.3	3 694.3	0
LbBiaPodOrze	103.4	8 707.0	3 089.8	0	102.4	11 387.5	3 397.4	5	102.0	11 608.1	3 466.7	5
LbBiaSlupRPN	113.0	13 163.0	4 928.7	12	111.7	17 377.1	4 693.9	13	109.6	16 038.2	4 404.9	11

Nazwa stacji	POMIAR				MODEL 5x5				MODEL 15x15			
	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. krocących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. krocących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. krocących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby
LbJarczWolaM	93.0	4 048.4	1 668.0	0	108.5	13 793.6	3 695.5	6	108.2	13 539.5	3 663.0	6
LbLubObywate	104.3	9 863.6	3 168.4	5	106.5	12 726.6	3 534.4	7	107.7	13 412.4	3 676.1	6
LbWilczopole	104.0	7 579.0	3 175.3	5	108.5	13 997.9	3 819.0	13	108.2	13 739.2	3 756.7	9
LdGajewUjWod	106.1	8 727.9	3 377.8	7	105.5	12 147.5	3 383.4	7	105.1	11 919.4	3 345.0	6
LdLodzCzerni	110.5	10 791.9	3 846.7	16	105.4	11 512.9	3 175.2	7	103.9	10 800.7	3 079.1	8
LdLodzGdansk	105.7	8 825.1	2 657.3	5	104.3	11 247.1	3 132.5	7	104.1	10 598.3	3 033.5	8
LdPabiKonsta	105.9	8 681.4	3 144.8	9	104.9	12 241.8	3 313.9	10	104.5	11 415.1	3 195.1	7
LdParzniUjWo	111.9	12 209.3	4 311.4	15	105.8	12 092.9	3 297.8	7	105.5	12 111.8	3 324.8	9
LdPioTrKraPr	106.0	9 605.0	3 180.5	8	97.2	6 882.5	2 208.1	2	103.4	11 172.0	3 130.2	7
LdRadomsRoln	111.6	13 519.0	3 824.3	16	108.6	13 075.4	3 598.5	12	108.0	13 295.9	3 631.0	10
LuSmolBytnic	103.3	8 038.2	3 170.2	3	113.0	19 007.5	4 612.1	6	112.1	18 118.1	4 465.1	5
LuSulecDudka	90.9	3 712.2	1 663.5	0	110.4	17 031.8	4 331.0	7	109.6	16 354.2	4 229.4	6
LuWskaziWiel	93.5	5 049.0	1 823.7	0	106.2	14 298.8	3 690.5	4	106.0	14 034.5	3 657.9	4
LuZarySzyman	105.1	11 352.0	3 205.8	8	110.4	17 159.8	4 234.5	7	111.3	17 917.3	4 379.5	7
LuZielKrotka	99.8	7 753.3	2 165.9	2	109.3	16 607.0	4 083.6	6	108.7	16 475.1	4 051.8	6
MpKaszowLisz	119.2	16 682.3	5 179.7	22	111.8	14 795.5	3 995.3	12	111.4	14 762.6	3 966.8	12
MpKrakBujaka	111.3	10 038.9	3 131.2	5	111.9	15 057.1	3 991.0	11	111.5	15 799.5	4 137.9	12
MpSzarowSpok	113.0	15 130.1	4 227.5	11	112.5	15 115.1	4 192.8	11	113.0	15 882.2	4 319.9	13
MpSzymbaGorl	109.3	11 817.8	4 589.0	4	113.1	17 645.8	5 122.3	15	112.2	17 092.3	4 827.9	14
MpTarBitStud	108.9	11 586.5	3 799.3	5	108.5	12 067.0	3 600.2	7	111.3	14 000.8	4 001.2	12
MpTrzebOsZWM	114.8	13 195.6	3 665.6	16	109.8	14 396.9	3 924.5	10	109.9	14 577.0	4 011.0	9

Raport z modelowania stężeń ozonu w skali kraju. Rok 2017

Nazwa stacji	POMIAR				MODEL 5x5				MODEL 15x15			
	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby
MpZakopaSien	107.1	12 242.2	4 245.2	3	116.1	23 476.8	7 286.6	15	114.8	22 508.5	6 502.5	15
MzBelsiGFAN	108.2	9 983.5	3 827.9	7	104.3	11 312.3	3 252.0	7	104.2	11 034.3	3 168.2	7
MzGranicaKPN	105.5	10 140.2	3 296.2	6	104.8	12 415.4	3 508.7	6	104.6	12 082.0	3 454.0	6
MzGutyDuCzer	112.3	11 673.0	4 246.0	10	100.2	9 601.5	3 042.3	5	99.9	9 594.7	3 046.6	3
MzKonJezWie	106.6	8 737.0	2 812.7	5	102.2	9 901.2	2 910.4	4	99.2	8 472.3	2 621.3	4
MzLegZegrzyn	100.6	6 132.7	2 110.3	1	106.8	12 576.5	3 467.7	4	104.2	11 210.4	3 211.7	4
MzOtwoBrzozo	115.1	15 321.4	3 765.7	15	102.7	10 269.0	3 000.8	4	103.5	10 931.6	3 143.8	4
MzPiasPulask	98.2	5 207.3	1 922.1	1	100.3	8 650.0	2 608.8	3	99.2	8 423.3	2 597.9	3
MzPlocKroJad	87.6	2 340.6	1 103.5	1	103.8	11 427.2	3 318.6	3	103.2	10 787.0	3 228.2	3
MzPlocMiReja	96.7	6 639.3	2 208.2	2	103.8	11 308.8	3 295.7	3	103.2	10 729.2	3 212.2	3
MzRadTochter	96.3	5 015.0	2 172.4	1	106.5	11 562.5	3 239.1	5	108.8	13 625.9	3 645.6	10
MzWarKondrat	94.3	5 304.2	1 670.7	0	94.9	6 667.3	2 162.1	0	94.9	6 667.3	2 162.1	0
MzWarPodlesn	97.0	5 568.8	2 035.4	0	94.7	6 080.9	2 003.7	1	101.1	9 454.1	2 812.0	4
MzWarWokalna	98.5	6 334.5	2 229.7	1	93.0	4 991.8	1 845.3	2	99.3	8 236.3	2 556.7	4
OpKKozBSmial	114.0	11 658.7	3 893.6	12	108.2	13 499.6	3 639.4	6	108.1	13 757.8	3 688.1	6
OpOlesSlowac	111.8	10 960.6	3 674.0	5	111.8	16 637.1	4 210.8	10	111.4	16 790.7	4 234.9	10
LuGorzKosGdy	85.8	3 349.3	1 287.0	0	104.4	12 419.4	3 464.6	5	105.0	12 950.2	3 611.0	5
OpOpoleOsAKr	93.4	2 056.5	1 678.6	0	102.6	9 971.8	2 963.8	5	105.7	12 919.8	3 589.8	6
PdAugustoZdrMOB	84.8	2 564.9	1 126.0	0	96.3	7 201.8	2 623.3	1	97.0	7 693.2	2 767.2	1
PdBialPulPie	100.5	7 940.4	2 767.4	2	96.8	7 964.2	2 693.5	1	98.4	9 582.8	3 081.8	1
PdBorsukowiz	100.4	7 628.9	2 799.8	2	99.3	10 611.2	3 385.8	2	97.6	9 318.8	3 117.8	1

Nazwa stacji	POMIAR				MODEL 5x5				MODEL 15x15			
	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby
PkJasloSikor	108.0	10 770.0	4 601.0	6	110.5	14 414.8	4 164.3	10	111.4	14 767.0	4 226.5	10
PkKrempnaMPN	108.8	11 705.7	4 928.3	4	113.8	19 537.1	5 343.8	13	112.7	17 489.0	4 862.8	12
PkMielBierna	111.4	12 807.1	4 128.6	13	113.3	15 498.5	4 178.3	11	114.3	16 257.4	4 328.5	11
PkNiskoSzkl	112.4	14 951.4	4 968.4	13	113.4	17 029.7	4 421.3	14	113.3	17 732.6	4 531.1	13
PkPrzemGrunw	116.5	16 115.8	5 536.5	18	110.0	16 019.1	4 531.1	10	109.2	15 316.2	4 360.4	10
PkRzeszRejta	108.5	10 411.3	3 681.0	7	110.9	13 602.5	3 893.4	8	111.5	14 738.1	4 161.8	9
PmGdaLeczko8	91.8	4 408.2	2 305.8	3	91.4	3 366.2	1 484.1	0	97.8	6 368.3	2 240.1	0
PmGdaOstrz05	81.5	1 171.4	843.0	0	91.4	3 940.5	1 685.6	0	92.5	3 851.5	1 658.6	0
PmGdyPoreb04	92.5	3 912.8	2 297.8	0	98.7	7 203.6	2 529.6	0	102.8	9 437.8	3 091.3	0
PmGdySzaf09N	87.8	3 414.2	1 489.0	1	94.9	5 548.2	2 135.9	0	97.5	6 285.4	2 265.8	0
PmKosTargo12	68.8	189.6	153.1	0	103.4	9 974.2	3 355.3	0	102.2	8 965.0	3 138.9	0
PmLebaRabkaE	95.5	5 899.5	2 851.8	2	103.3	11 060.2	3 493.0	0	103.0	10 900.4	3 434.1	0
PmLebMalcz16	77.8	1 277.3	541.2	0	95.9	7 067.3	2 556.8	0	96.7	7 632.0	2 699.9	0
PmLinieKos17	97.1	6 353.5	2 968.6	2	99.9	8 600.4	3 035.4	0	98.8	8 236.2	2 954.2	0
PmMalMicki15	72.3	141.5	267.2	0	96.9	7 345.7	2 547.2	0	97.7	7 479.4	2 587.0	0
PmSlupKniaz	90.1	4 232.7	1 806.4	2	99.4	8 331.8	2 799.5	0	100.2	8 976.4	2 972.4	0
SkKielJagiel	105.3	8 918.0	2 888.4	5	110.7	14 634.5	3 878.6	11	110.7	14 929.7	3 966.0	11
SkNowiParkow	115.8	14 427.2	4 679.7	18	110.8	15 414.5	4 030.3	11	110.6	14 859.2	3 954.5	11
SkPolaRuszc	112.6	12 584.9	4 170.2	13	109.6	12 656.5	3 605.8	7	112.3	14 528.1	3 963.7	10
SIBielKossak	112.9	14 470.0	4 463.6	15	111.3	14 652.7	4 220.3	13	112.9	15 585.3	4 289.3	14
SICiesMickie	116.3	15 954.3	4 967.7	19	114.9	19 470.3	5 001.0	17	113.1	17 067.8	4 627.0	15

Raport z modelowania stężeń ozonu w skali kraju. Rok 2017

Nazwa stacji	POMIAR				MODEL 5x5				MODEL 15x15			
	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby	percentyl 93,2 z rocznej serii max. dziennych 8-godz. kroczących	AOT40	SOMO35	liczba przekroczeń max średniej 8-godz. z doby
SICzestoBacz	117.8	14 025.9	4 121.3	21	107.4	13 306.4	3 607.6	11	109.0	14 703.8	3 894.1	12
SIDabro1000L	121.2	15 784.9	4 407.0	29	104.7	12 127.9	3 328.8	6	108.2	13 943.6	3 759.0	9
SIKatoKossut	127.3	20 139.8	4 868.2	32	97.6	7 400.2	2 219.4	4	104.8	11 487.0	3 190.6	5
SIRybniBorki	117.4	14 206.1	3 899.7	17	111.4	16 389.7	4 227.9	10	110.0	14 442.3	3 864.6	9
SIUstronSana	116.5	14 313.8	4 818.5	18	114.4	17 983.0	5 033.7	16	112.4	16 446.5	4 667.3	14
SIWodzGalczy	119.9	15 487.7	4 430.6	23	110.5	16 402.6	4 264.8	11	110.0	16 221.5	4 219.0	10
SIZabSkoCur	120.5	16 570.3	4 415.8	25	102.8	10 856.2	2 969.0	5	104.1	11 837.7	3 227.7	5
SIZlotPotLes	121.8	15 887.6	5 308.5	25	111.3	17 176.8	4 341.0	13	111.0	16 888.5	4 293.7	13
WmElbBazynsk	92.8	5 119.4	2 008.7	0	98.1	7 445.2	2 520.9	0	100.0	9 015.0	2 979.0	0
WmElkStadion	97.2	7 431.6	2 418.2	0	96.0	7 507.7	2 679.3	0	96.2	7 745.5	2 779.9	0
WmGoldJacwie	86.6	2 184.8	1 243.6	0	97.8	8 753.3	3 212.3	1	95.7	7 420.1	2 903.3	0
WmOlsPuszkina	83.8	1 099.0	1 026.8	0	100.9	8 753.3	3 128.4	0	98.6	7 420.1	2 849.1	0
WmOstrPilsud	95.0	4 542.0	1 858.6	0	100.2	9 671.7	3 021.1	0	101.0	10 182.1	3 162.5	0
WmPuszczaBor	94.1	4 527.8	2 098.5	1	96.7	7 929.2	2 953.3	0	96.3	7 523.0	2 902.9	0
WpBoroDrapal	98.3	6 999.8	2 486.0	3	103.8	10 740.2	2 965.3	4	102.0	10 190.3	2 864.3	2
WpKaliSawick	112.1	13 128.7	4 325.8	12	106.3	13 636.8	3 509.5	9	107.2	14 434.5	3 696.3	10
WpKoniWyszyn	103.0	6 855.4	3 416.8	8	101.5	8 589.0	2 543.3	3	104.5	11 109.9	3 099.4	5
WpPiaskiKrzy	106.0	9 061.3	3 429.5	5	105.2	12 005.3	3 324.3	4	105.0	11 906.6	3 317.5	5
WpPoznDabrow	98.5	6 499.4	2 139.8	2	98.6	7 559.6	2 291.5	2	103.5	10 391.8	2 993.7	2
ZpSzczAndr01	84.5	2 279.5	996.0	0	97.6	8 459.8	2 608.1	1	98.1	8 847.3	2 728.1	1
ZpWiduBulRyb	96.3	5 715.7	2 506.9	2	104.1	12 738.1	3 517.0	4	102.5	11 820.7	3 340.4	3

Porównanie wyników modelowania dla skali modelowania 5 km wskazuje na niedoszacowanie liczby dni z przekroczeniem maksymalnej średniej 8-godzinnej kroczącej dla większości stacji pomiarowych. Największą liczbę dni z przekroczeniem z pomiarów uzyskano w Katowicach (32 dni), natomiast z modelowania uzyskano dla stacji w Ustroniu w województwie śląskim (17 dni).

Analiza policzonych błędów wskazuje na niskie wartości błędów MBE oraz RMSE dla wartości 8-godzinnych kroczących przy zachowaniu wysokiego wskaźnika korelacji co wskazuje na bardzo dobrą zgodność trendu. Najniższy wskaźnik korelacji wyniósł 0,39 dla średnich 8 godzinnych i 0,65 dla 1-godzinnych. Wyraźnie widoczna jest tendencja do niedoszacowania wartości stężeń w przypadku występowania wysokich stężeń ozonu w pomiarach, przez co liczba dni z przekroczeniem jest znacznie zaniżona w stosunku do wartości zmierzonych.

Tabela 7. Zestawienie analizy statystycznej porównania wyników modelowania z siatki 5 x 5 km oraz wyników pomiarów dla ozonu w 2017 r.

Nazwa stacji	MBE		RMSE		Bw		R (korelacja)	
	8h	1h max	8h	1h max	8h	1h max	8h	1h max
DsBoleslaMOB	-2.34	2.17	17.32	16.75	0.90	0.92	0.83	0.84
DsCzerStraza	-3.35	1.61	16.31	15.99	0.97	0.97	0.76	0.77
DsJelGorOgin	-0.65	1.74	15.26	15.12	0.93	0.94	0.84	0.84
DsKlodzSzkol	-1.39	-0.04	16.73	16.23	0.90	0.94	0.82	0.83
DsKudowaMOB	5.35	4.63	19.32	15.35	0.90	0.95	0.77	0.84
DsLegAlRzecz	-6.08	-1.16	17.08	17.39	0.87	0.91	0.86	0.84
DsOsieczow21	-0.99	5.42	18.22	17.15	0.88	0.93	0.80	0.83
DsSniezkaObs	0.35	6.26	12.17	12.58	1.00	1.00	0.80	0.78
DsWalbrzWyso	1.30	2.12	16.27	14.28	0.93	0.96	0.80	0.84
DsWrocBartni	-6.32	2.71	18.10	18.17	0.80	0.86	0.86	0.85
DsWrocWybCon	-9.09	0.84	19.06	18.98	0.76	0.82	0.87	0.86
KpBydWarszaw	5.42	13.94	23.15	17.68	0.83	0.86	0.69	0.83
KpCiechTezni	-0.59	6.57	20.79	15.85	0.89	0.93	0.72	0.85
KpKoniczynka	-5.03	3.61	16.64	16.90	0.91	0.93	0.85	0.84
KpToruDziewu	2.10	12.32	16.98	16.37	0.88	0.89	0.84	0.85
KpWloclChelmMOB	-0.27	8.90	18.11	18.05	0.88	0.92	0.80	0.80
KpZielBoryTu	16.13	9.53	39.82	16.17	0.89	0.93	0.17	0.77
LbBiaPodOrze	-0.30	3.21	13.43	14.11	0.91	0.94	0.86	0.85
LbBiaSlupRPN	-4.10	3.02	18.21	17.77	0.92	0.94	0.76	0.78
LbJarczWolaM	5.02	16.28	18.86	19.21	0.82	0.88	0.77	0.77
LbLubObywate	-4.11	2.01	16.66	16.68	0.86	0.91	0.86	0.85
LbWilczopole	-1.76	3.91	15.64	14.76	0.90	0.94	0.84	0.86
LdGajewUjWod	-6.62	0.02	18.19	17.22	0.88	0.92	0.81	0.84
LdLodzCzerni	-10.55	-2.11	20.84	20.71	0.79	0.85	0.83	0.84
LdLodzGdansk	-2.59	3.46	15.27	16.12	0.82	0.87	0.89	0.87
LdPabiKonsta	-5.54	2.27	18.15	18.27	0.86	0.89	0.83	0.83
LdParzniUjWo	-8.33	-3.12	23.60	19.74	0.89	0.92	0.70	0.83
LdPioTrKraPr	-9.04	-4.45	16.85	16.74	0.87	0.91	0.88	0.87

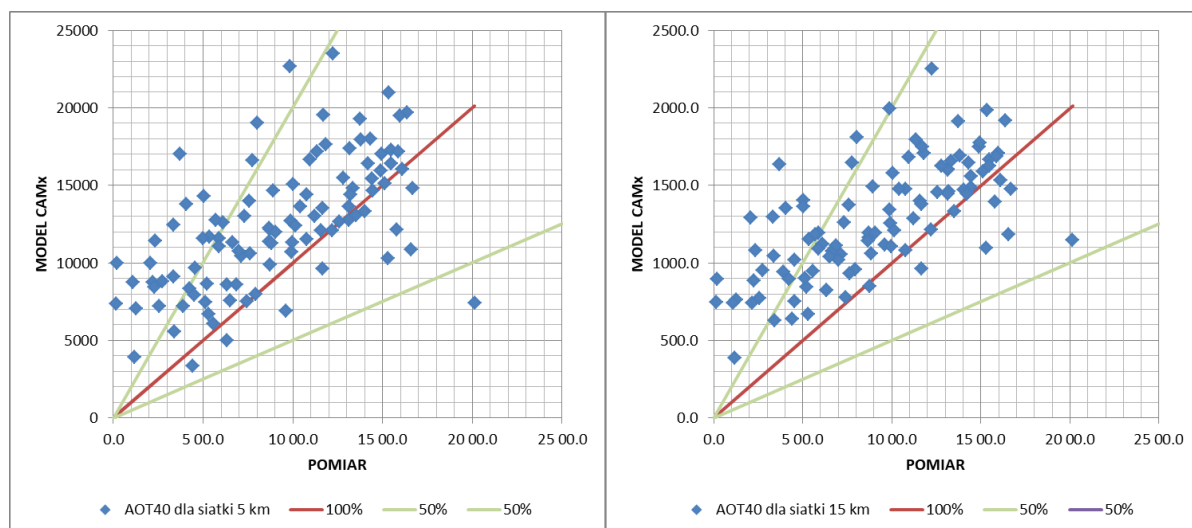
Raport z modelowania stężeń ozonu w skali kraju. Rok 2017

Nazwa stacji	MBE		RMSE		Bw		R (korelacja)	
	8h	1h max	8h	1h max	8h	1h max	8h	1h max
LdRadoysRoln	-3.57	-0.27	14.17	14.12	0.93	0.95	0.89	0.89
LuSmolBytnic	8.71	13.18	32.71	22.11	0.86	0.89	0.43	0.71
LuSulecDudka	6.80	21.01	20.75	21.05	0.82	0.88	0.74	0.74
LuWsKaziWiel	6.31	12.84	15.93	16.43	0.91	0.92	0.86	0.85
LuZarySzyman	0.65	7.98	14.09	15.06	0.93	0.94	0.88	0.86
LuZielKrotka	16.04	12.95	33.38	18.39	0.85	0.83	0.52	0.82
MpKaszowLisz	-7.89	-5.19	19.29	18.70	0.87	0.93	0.83	0.85
MpKrakBujaka	2.59	5.56	16.63	17.36	0.84	0.86	0.86	0.85
MpSzarowSpok	-1.60	0.93	16.24	17.51	0.90	0.91	0.85	0.83
MpSzymbaGorl	1.53	5.93	17.59	17.08	0.92	0.93	0.73	0.75
MpTarBitStud	-4.53	0.48	17.06	19.25	0.90	0.89	0.84	0.80
MpTrzebOsZWM	-2.65	3.96	15.70	16.84	0.88	0.90	0.87	0.85
MpZakopaSien	14.80	8.71	22.14	17.42	0.84	0.91	0.72	0.76
MzBelsIGFPAN	-7.73	-0.51	18.00	17.02	0.89	0.93	0.82	0.84
MzGranicaKPN	-2.24	1.45	18.38	18.22	0.83	0.89	0.80	0.81
MzGutyDuCzer	-7.54	-5.06	18.37	17.24	0.90	0.94	0.78	0.82
MzKonJezWie	-3.72	-0.10	20.50	17.50	0.83	0.89	0.77	0.85
MzLegZegrzyn	1.12	9.98	18.99	18.72	0.84	0.86	0.81	0.81
MzOtwoBrzozo	-6.98	-1.57	20.06	19.88	0.82	0.86	0.81	0.83
MzPiasPulask	-3.38	5.19	18.41	18.17	0.78	0.83	0.83	0.83
MzPlocKroJad	4.84	17.14	17.40	18.74	0.86	0.87	0.85	0.82
MzPlocMiReja	-0.98	8.22	16.27	17.24	0.88	0.90	0.84	0.82
MzRadTochter	-0.07	9.22	17.46	17.72	0.84	0.90	0.82	0.81
MzWarKondrat	-2.94	4.94	17.38	17.89	0.72	0.80	0.85	0.84
MzWarPodlesn	-8.58	1.53	20.71	20.97	0.70	0.76	0.81	0.81
MzWarWokalna	-10.17	-1.62	19.46	19.50	0.73	0.82	0.84	0.84
OpKKozBSmial	0.31	1.71	25.20	17.50	0.86	0.89	0.69	0.84
OpOlesSlowac	2.67	6.67	17.13	15.24	0.93	0.95	0.84	0.86
LuGorzKosGdy	24.65	19.63	36.14	21.43	0.77	0.84	0.64	0.78
OpOpoleOsAKr	0.37	11.45	17.56	17.49	0.91	0.91	0.81	0.82
PdAugustoZdrMOB	7.16	13.22	17.66	15.96	0.87	0.89	0.74	0.77
PdBialPulPie	-1.67	2.32	18.71	16.74	0.88	0.91	0.75	0.78
PdBorsukowiz	3.83	5.54	18.38	15.20	0.92	0.93	0.71	0.79
PkJasloSikor	-2.40	1.23	21.10	19.62	0.88	0.92	0.70	0.75
PkKrempnaMPN	0.04	6.34	18.24	17.50	0.93	0.94	0.71	0.74
PkMielBierna	-3.25	3.06	16.63	18.15	0.89	0.90	0.85	0.82
PkNiskoSzkl	-3.80	1.89	20.06	20.38	0.89	0.90	0.78	0.78
PkPrzemGrunw	-3.25	-3.16	21.20	19.56	0.88	0.93	0.70	0.77
PkRzeszRejta	-4.34	3.08	18.41	19.01	0.88	0.91	0.82	0.80
PmGdaLeczko8	-6.59	-4.82	21.58	18.27	0.85	0.91	0.70	0.79
PmGdaOstrz05	2.45	5.34	24.33	17.13	0.87	0.92	0.44	0.71
PmGdyPoreb04	-3.16	2.77	16.12	15.34	0.90	0.94	0.77	0.80
PmGdySzaf09N	-1.87	7.98	17.83	17.11	0.90	0.92	0.68	0.68
PmKosTargo12	24.16	29.43	29.92	26.53	0.67	0.69	0.72	0.76
PmLebaRabkaE	-2.19	5.40	14.36	14.68	0.96	0.98	0.77	0.76

Nazwa stacji	MBE		RMSE		Bw		R (korelacja)	
	8h	1h max	8h	1h max	8h	1h max	8h	1h max
PmLebMalcz16	11.14	16.38	20.36	16.31	0.92	0.95	0.68	0.77
PmLinieKos17	-2.89	3.47	19.90	16.31	0.95	0.95	0.62	0.76
PmMalMicki15	11.24	21.48	26.21	21.19	0.78	0.82	0.39	0.65
PmSlupKniaz	4.40	8.82	17.73	15.38	0.94	0.97	0.73	0.77
SkKielJagiel	-0.15	6.38	17.16	17.86	0.85	0.87	0.85	0.83
SkNowiParkow	-6.73	-2.95	17.65	18.90	0.90	0.90	0.85	0.84
SkPolaRuszc	-5.64	-1.61	16.84	18.81	0.90	0.92	0.83	0.81
SlBielKossak	-2.50	0.59	14.91	15.68	0.90	0.92	0.87	0.85
SlCiesMickie	-2.11	2.43	14.94	15.50	0.94	0.94	0.86	0.85
SlCzestoBacz	-7.17	-0.66	19.39	18.19	0.86	0.89	0.83	0.86
SlDabro1000L	-11.79	-6.27	20.55	21.52	0.75	0.79	0.88	0.86
SlKatoKossut	-18.06	-16.61	25.87	26.07	0.71	0.77	0.86	0.86
SlRybniBorki	-1.09	2.10	15.28	16.44	0.85	0.89	0.89	0.87
SlUstronSana	0.43	3.39	15.45	15.53	0.92	0.93	0.83	0.83
SlWodzGalczy	-4.11	0.09	16.16	16.98	0.85	0.91	0.88	0.87
SlZabSkloCur	-13.02	-8.17	22.94	22.94	0.72	0.77	0.84	0.86
SlZlotPotLes	-9.16	-1.18	19.97	19.42	0.91	0.93	0.82	0.83
WmElbBazynsk	-1.05	4.93	14.04	14.99	0.90	0.93	0.83	0.81
WmElkStadion	0.29	5.33	13.80	14.31	0.93	0.95	0.80	0.79
WmGoldJacwie	7.51	14.03	16.39	15.94	0.93	0.94	0.72	0.73
WmOlsPuszk	6.51	15.84	17.17	17.49	0.88	0.91	0.80	0.78
WmOstrPilsud	5.09	8.47	21.09	15.31	0.91	0.94	0.65	0.80
WmPuszczaBor	3.56	8.64	16.05	14.41	0.94	0.95	0.70	0.76
WpBoroDrapal	-4.44	5.05	16.84	16.77	0.87	0.91	0.84	0.84
WpKaliSawick	-7.04	-1.53	19.96	18.19	0.88	0.92	0.80	0.85
WpKoniWyszyn	-10.90	-2.87	29.36	25.66	0.76	0.81	0.53	0.71
WpPiaskiKrzy	-4.44	2.91	18.07	17.57	0.88	0.93	0.79	0.81
WpPoznDabrow	-8.69	2.01	20.72	20.62	0.71	0.80	0.81	0.81
ZpSzczAndr01	1.58	12.19	15.76	15.85	0.89	0.93	0.84	0.83
ZpWiduBulRyb	-1.68	7.37	15.46	15.42	0.93	0.96	0.83	0.84

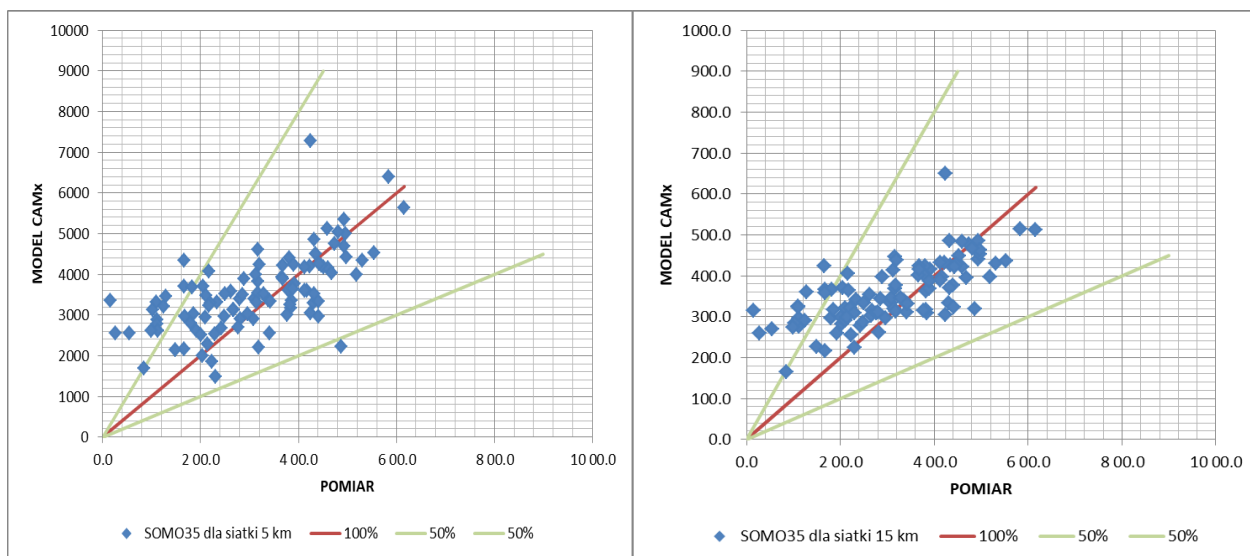
W oparciu o wykonaną analizę można stwierdzić, iż ponad 90% stacji spełnia wymagania Dyrektywy w zakresie spełnienia niepewności modelowania ozonu.

Dodatkowo wykonano również wykres rozrzutu wartości pomiarowych i modelowych dla wskaźników AOT40 i SOMO35 oraz percentyla 93,15 dla stężeń maksymalnych 8-godzinnych średnich dla każdej stacji pomiarowej dla wyników modelowania w obu siatkach, aby porównać wyniki w zależności od rozdzielczości modelowania.



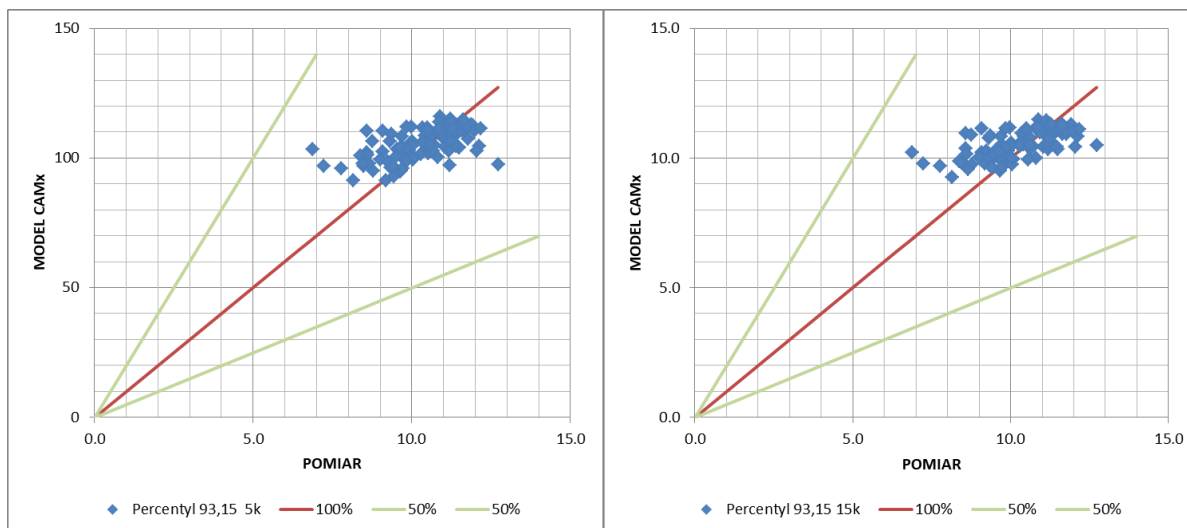
Rysunek 21. Rozkład wyników modelowania w skali 5 x 5 km i 15 x 15 km oraz wyników pomiarów dla wskaźnika AOT40 dla roku 2016

Wyniki dla siatki 15 x 15 km dla kilku stacji wychodzą bardziej zbliżone do wyników pomiaru aniżeli wyniki w siatce 5 x 5 km, mieszcząc się w przedziale 50% rozrzutu wartości modelowej i pomiarowej. Są to między innymi wyniki dla stacji w innych stacje na Śnieżce, w Sulęcinie, Żarach, Zielonej Górze i Zakopanem, gdzie nastąpiło przeszacowanie oraz stacja w Katowicach i Zabrzu, gdzie nastąpiło niedoszacowanie wartości AOT40.



Rysunek 22. Rozkład wyników modelowania w skali 5 x 5 km i 15 x 15 km oraz wyników pomiarów dla wskaźnika SOMO35 dla roku 2017

Wartości SOMO35 dla stacji pomiarowych mieszczą się w granicach 50% rozrzutu dla wartości modelowanych i pomiarowych dla skali roku 2016 w obu siatkach modelowania. W skali 15 x 15 km dwie stacje mniej wychodzą poza granicę 50% różnicy wartości i widoczna jest lepsza zbieżność wyników modelowanych zwłaszcza przy wartościach około 4 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{dobę}$.



Rysunek 23. Rozkład wyników modelowania w skali 5 x 5 km i 15 x 15 km oraz wyników pomiarów dla percentyla 93.15 ze stężeń maksymalnych 8-godzinnych kroczących dla roku 2017

Wartości percentyla 93.15 dla stężeń maksymalnych 8-godzinnych kroczących ozonu wykazują bardzo dobrą zbieżność wyników modelu z wynikami pomiarów. Dla wszystkich stacji nie ma wartości, które znacząco odbiegałyby od wartości zmierzonej na stacjach.

W zakresie analiz dla dwutlenku azotu również przeanalizowano wyniki modelowania dla obu siatek dla stacji mierzących dwutlenek azotu, aby określić błędy statystyczne otrzymanych wyników i określić niepewność modelowania.

Tabela 8. Zestawienie analizy statystycznej wyników serii czasowych stężeń dwutlenku azotu z modelowania w siatce 5 km x 5 km oraz 15 x 15 km dla obszaru Polski w 2017 r. oraz wyników pomiarów.

Nazwa stacji	POMIAR		MODEL 5x5		MODEL 15x15	
	NO ₂ roczne	NO ₂ max19h	NO ₂ roczne Siatka 5km	NO ₂ max 19h Siatka 5km	NO ₂ roczne Siatka 15km	NO ₂ max 19h Siatka 15km
DsBoleslaMOB	18	91.07	16	58.70	14	55.60
DsCzerStraza	6	39.28	7	32.45	7	33.14
DsJelGorOgin	13	71.74	12	48.70	10	40.76
DsKlodzSzkol	17	78.56	13	53.77	12	40.39
DsKudowaMOB	11	73.14	9	35.98	8	35.05
DsLegAlRzecz	21	87.98	20	63.12	16	60.82
DsOsieczow21	8	55.39	11	45.91	12	56.09
DsSniezkaObs	4	0.00	4	27.78	5	34.22
DsWalbrzWyso	15	95.21	12	50.05	11	44.14
DsWrocBartni	15	65.21	18	58.18	19	61.97
DsWrocWybCon	22	93.84	25	73.06	20	63.29
KpBydWarszaw	20	82.80	22	70.74	19	47.88
KpCiechTezni	11	57.10	13	50.46	12	48.21
KpKoniczynka	9	46.80	11	43.72	11	47.50
KpWlocChelmMOB	12	51.00	13	48.05	15	46.92
KpZielBoryTu	5	33.20	6	37.72	6	46.65
LbBiaPodOrze	12	74.60	9	39.55	8	39.06
LbBiaSlupRPN	7	42.80	7	41.52	7	41.42
LbJarczWolaM	7	0.00	9	40.50	8	44.94
LbLubObywate	22	96.80	17	52.11	17	47.08
LdGajewUjWod	10	61.90	12	53.48	12	52.26
LdLodzCzerni	19	86.20	20	63.42	21	59.89
LdLodzGdansk	24	97.90	21	66.76	21	61.03
LdPabiKonsta	20	98.60	18	58.71	18	58.20
LdParzniUjWo	13	75.80	15	56.33	15	54.92
LdPioTrKraPr	20	97.66	24	73.47	19	61.41
LdRadomsRoln	20	92.31	15	57.19	15	55.02
LuSmolBytnic	6	31.66	8	41.81	8	46.75
LuSulecDudka	9	35.73	10	48.14	10	47.45
LuWsKaziWiel	13	69.46	12	52.52	11	50.22
LuZarySzyman	19	75.30	16	66.30	15	51.33
LuZielKrotka	18	77.25	15	64.25	13	50.50
MpKaszowLisz	16	93.01	17	62.27	18	62.20
MpKrakBujaka	33	136.48	30	98.61	27	63.75
MpSzarowSpok	17	65.04	15	59.73	14	55.46

Nazwa stacji	POMIAR		MODEL 5x5		MODEL 15x15	
	NO ₂ roczne	NO ₂ max19h	NO ₂ roczne Siatka 5km	NO ₂ max 19h Siatka 5km	NO ₂ roczne Siatka 15km	NO ₂ max 19h Siatka 15km
MpSzymbaGorl	7	35.32	8	41.82	8	41.98
MpTarBitStud	23	92.90	24	71.76	22	52.98
MpTrzebOsZWM	18	96.99	19	65.03	17	59.92
MpZakopaSien	20	119.54	16	114.23	11	33.49
MzBelsIGFPAN	9	56.30	11	42.35	12	49.80
MzGranicaKPN	10	51.94	12	48.68	12	53.55
MzGutyDuCzer	5	29.76	8	46.31	7	45.02
MzLegZegrzyn	16	72.94	16	65.32	15	57.05
MzOtwoBrzozo	19	104.41	19	59.29	16	53.49
MzPiasPulask	24	98.74	23	72.33	22	68.05
MzPlocKroJad	13	67.86	14	51.22	12	49.48
MzPlocMiReja	16	74.63	14	51.19	12	49.76
MzRadTochter	21	94.89	17	54.96	17	47.87
MzWarKondrat	26	99.20	25	85.25	23	63.01
MzWarWokalna	23	103.22	27	79.34	27	65.64
OpKKozBSmial	16	78.70	19	60.86	17	60.70
LuGorzKosGdy	20	85.09	16	57.07	14	44.95
OpOpoleOsAKr	16	82.65	20	62.52	16	60.63
PdAugustoZdrMOB	10	38.90	9	39.34	8	37.99
PdBialPulPie	9	49.80	11	40.31	9	39.15
PdBorsukowiz	3	21.80	4	28.40	4	36.74
PkJasloSikor	12	66.21	11	51.30	11	49.71
PkKrempnaMPN	5	29.05	6	38.99	6	40.24
PkMielBierna	19	87.82	15	55.83	14	50.02
PkNiskoSzkl	12	67.78	11	46.42	10	46.00
PkPrzemGrunw	13	87.45	11	51.17	9	40.77
PkRzeszRejta	18	95.11	17	58.49	12	47.91
PmGdaLeczk08	17	77.17	19	57.39	16	46.02
PmGdaOstrz05	15	78.30	18	60.60	17	51.85
PmGdyPoreb04	13	71.09	13	55.53	10	50.47
PmGdySzaf09N	13	77.06	15	63.41	14	49.73
PmKosTargo12	16	62.58	11	61.75	9	43.18
PmLebaRabkaE	4	0.00	6	36.46	5	37.27
PmLebMalcz16	11	48.76	8	42.18	8	40.41
PmLinieKos17	6	31.03	7	44.14	8	43.10
PmMalMicki15	14	53.56	10	46.00	9	45.36
PmSlupKniaz	12	51.70	9	40.32	9	39.84
SkKielJagiel	23	118.90	17	55.31	17	53.13
SkNowiParkow	18	82.00	15	53.84	16	53.14
SkPolaRuszc	13	75.30	12	50.71	12	50.22

Nazwa stacji	POMIAR		MODEL 5x5		MODEL 15x15	
	NO ₂ roczne	NO ₂ max19h	NO ₂ roczne Siatka 5km	NO ₂ max 19h Siatka 5km	NO ₂ roczne Siatka 15km	NO ₂ max 19h Siatka 15km
SlBielKossak	21	112.77	18	61.52	16	56.35
SlCiesMickie	14	80.38	13	55.24	15	58.33
SlCzestoBacz	19	101.10	19	63.04	18	57.54
SlDabro1000L	27	121.45	26	79.75	21	66.00
SlKatoKossut	29	121.03	33	88.87	34	74.37
SlRybniBorki	23	103.97	19	65.59	20	65.26
SlUstronSana	15	84.58	11	53.71	13	53.56
SlWodzGalczy	21	95.19	18	62.83	18	62.12
SlZabSkoCur	25	108.90	29	84.38	26	72.93
SlZlotPotLes	10	63.64	14	59.33	13	58.25
WmElbBazynsk	13	65.69	11	45.35	10	44.22
WmElkStadion	10	53.79	8	38.78	8	37.33
WmGoldJacwie	8	43.93	6	44.46	6	33.50
WmOlsPuszkina	14	72.63	12	52.72	10	42.03
WmOstrPilsud	16	78.96	11	54.17	11	43.86
WmPuszczaBor	5	21.03	5	36.75	5	35.38
WpBoroDrapal	12	64.46	15	53.27	14	54.59
WpKaliSawick	17	82.00	15	54.34	12	51.96
WpKoniWyszyn	16	71.36	19	58.09	14	53.44
WpPiaskiKrzy	9	41.90	11	52.06	11	52.14
WpPoznDabrow	21	107.79	24	77.04	18	56.37
ZpSzczAndr01	15	65.78	14	47.10	16	44.47
ZpWiduBulRyb	9	39.27	9	41.94	9	41.12

Analizując wyniki modelowania modelem CAMx w dwóch siatkach obliczono również błędy statystyczne dla wartości stężeń dwutlenku azotu w celu analizy spełnienia niepewności modelowania.

Tabela 9. Zestawienie analizy statystycznej wyników serii czasowych stężeń dwutlenku azotu z modelowania w siatce 5 km x 5 km oraz 15x15 dla obszaru Polski w 2017 r.

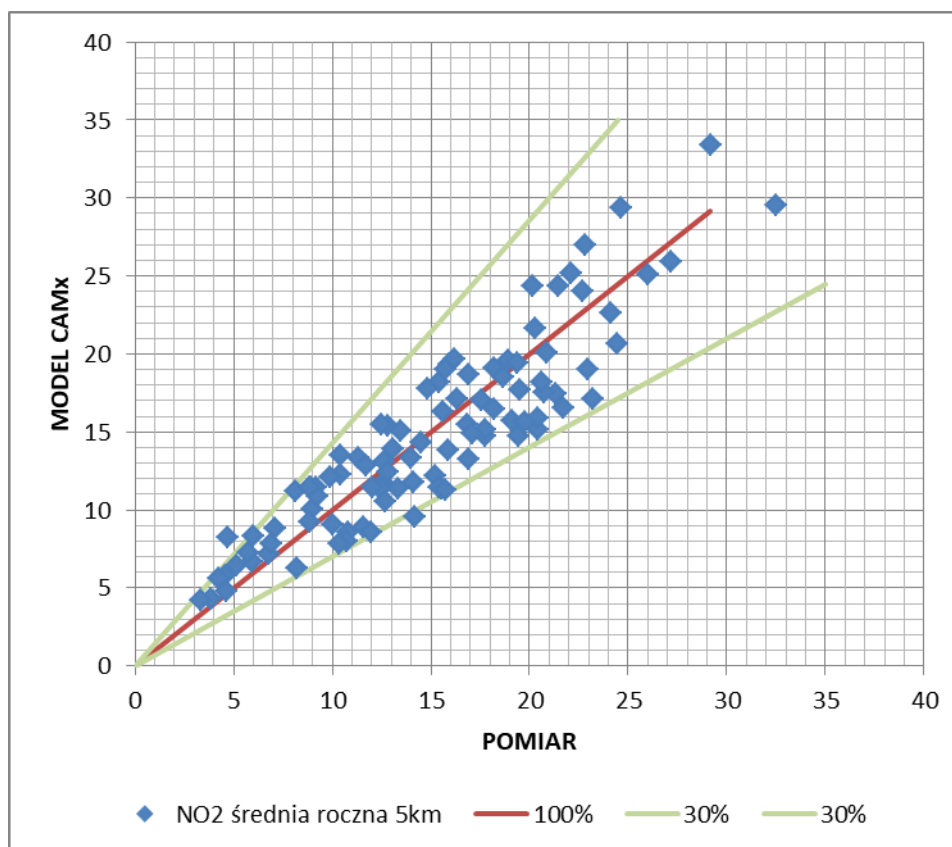
Nazwa stacji	Błąd względny		Błąd Dyrektywy RDE %	
	Siatka 5 km	Siatka 15 km	Siatka 5 km	Siatka 15 km
DsBoleslaMOB	10%	23%	5%	10%
DsCzerStraza	-12%	-16%	-2%	-2%
DsJelGorOgin	8%	22%	3%	7%
DsKlodzSzkol	22%	27%	9%	11%
DsKudowaMOB	20%	26%	6%	7%
DsLegAIRzecz	4%	24%	2%	13%
DsOsieczow21	-37%	-50%	-8%	-10%
DsSniezkaObs	-13%	-25%	-1%	-2%
DsWalbrzWyso	20%	27%	8%	10%

Nazwa stacji	Błąd względny		Błąd Dyrektywy RDE %	
	Siatka 5 km	Siatka 15 km	Siatka 5 km	Siatka 15 km
DsWrocBartni	-18%	-24%	-7%	-9%
DsWrocWybCon	-14%	9%	-8%	5%
KpBydWarszaw	-7%	8%	-3%	4%
KpCiechTezni	-18%	-6%	-5%	-2%
KpKoniczynka	-29%	-25%	-6%	-6%
KpWlociChelmMOB	-10%	-24%	-3%	-7%
KpZielBoryTu	-26%	-25%	-3%	-3%
LbBiaPodOrze	23%	27%	7%	8%
LbBiaSlupRPN	-7%	-10%	-1%	-2%
LbJarczWolaM	-24%	-20%	-4%	-4%
LbLubObywate	24%	24%	13%	13%
LdGajewUjWod	-18%	-19%	-5%	-5%
LdLodzCzerni	-3%	-8%	-2%	-4%
LdLodzGdansk	15%	14%	9%	9%
LdPabiKonsta	9%	9%	5%	5%
LdParzniUjWo	-20%	-20%	-7%	-7%
LdPioTrKraPr	-21%	7%	-10%	4%
LdRadomsRoln	26%	26%	13%	13%
LuSmolBytnic	-38%	-39%	-6%	-6%
LuSulecDudka	-12%	-8%	-3%	-2%
LuWsKaziWiel	7%	9%	2%	3%
LuZarySzyman	18%	24%	9%	12%
LuZielKrotka	17%	26%	8%	11%
MpKaszowLisz	-5%	-12%	-2%	-5%
MpKrakBujaka	9%	16%	8%	13%
MpSzarowSpok	8%	17%	3%	7%
MpSzymbaGorl	-13%	-19%	-2%	-3%
MpTarBitStud	-6%	1%	-3%	1%
MpTrzebOsZWM	-5%	8%	-2%	4%
MpZakopaSien	22%	47%	11%	24%
MzBelsiGFPA	-25%	-26%	-6%	-6%
MzGranicaKPN	-22%	-25%	-6%	-6%
MzGutyDuCzer	-76%	-59%	-9%	-7%
MzLegZegrzyn	-4%	1%	-2%	0%
MzOtwoBrzozo	1%	12%	0%	6%
MzPiasPulask	6%	9%	4%	5%
MzPlocKroJad	-6%	9%	-2%	3%
MzPlocMiReja	13%	25%	5%	10%
MzRadTochter	18%	23%	10%	12%
MzWarKondrat	4%	12%	2%	8%
MzWarWokalna	-18%	-19%	-10%	-11%

Nazwa stacji	Błąd względny		Błąd Dyrektywy RDE %	
	Siatka 5 km	Siatka 15 km	Siatka 5 km	Siatka 15 km
OpKKozBSmial	-21%	-9%	-9%	-3%
LuGorzKosGdy	21%	28%	10%	14%
OpOpoleOsAKr	-21%	3%	-9%	1%
PdAugustoZdrMOB	10%	19%	2%	5%
PdBialPulPie	-18%	1%	-4%	0%
PdBorsukowiz	-27%	-27%	-2%	-2%
PkJasloSikor	9%	10%	3%	3%
PkKrempnaMPN	-23%	-21%	-3%	-3%
PkMielBierna	24%	27%	12%	13%
PkNiskoSzkl	5%	16%	1%	5%
PkPrzemGrunw	17%	30%	6%	10%
PkRzeszRejta	3%	29%	1%	13%
PmGdaLeczk08	-10%	3%	-4%	1%
PmGdaOstrz05	-20%	-12%	-7%	-4%
PmGdyPoreb04	-4%	24%	-1%	8%
PmGdySzaf09N	-12%	-3%	-4%	-1%
PmKosTargo12	27%	43%	10%	17%
PmLebaRabkaE	-34%	-29%	-4%	-3%
PmLebMalcz16	25%	27%	7%	7%
PmLinieKos17	-27%	-35%	-4%	-5%
PmMalMicki15	32%	37%	12%	13%
PmSlupKniaz	28%	28%	9%	8%
SkKielJagiel	26%	26%	15%	15%
SkNowiParkow	15%	7%	7%	3%
SkPolaRuszc	3%	8%	1%	3%
SlBielKossak	16%	22%	8%	11%
SlCiesMickie	5%	-6%	2%	-2%
SlCzestoBacz	0%	6%	0%	3%
SlDabro1000L	5%	22%	3%	15%
SlKatoKossut	-14%	-18%	-11%	-13%
SlRybniBorki	17%	13%	10%	8%
SlUstronSana	25%	18%	10%	7%
SlWodzGalczy	12%	10%	6%	5%
SlZabSkloCur	-19%	-6%	-12%	-4%
SlZlotPotLes	-30%	-24%	-8%	-6%
WmElbBazynsk	15%	24%	5%	8%
WmElkStadion	25%	27%	6%	7%
WmGoldJacwie	24%	27%	5%	6%
WmOlsPuszk	16%	26%	6%	9%
WmOstrPilsud	28%	29%	11%	11%
WmPuszczaBor	-5%	-2%	-1%	0%

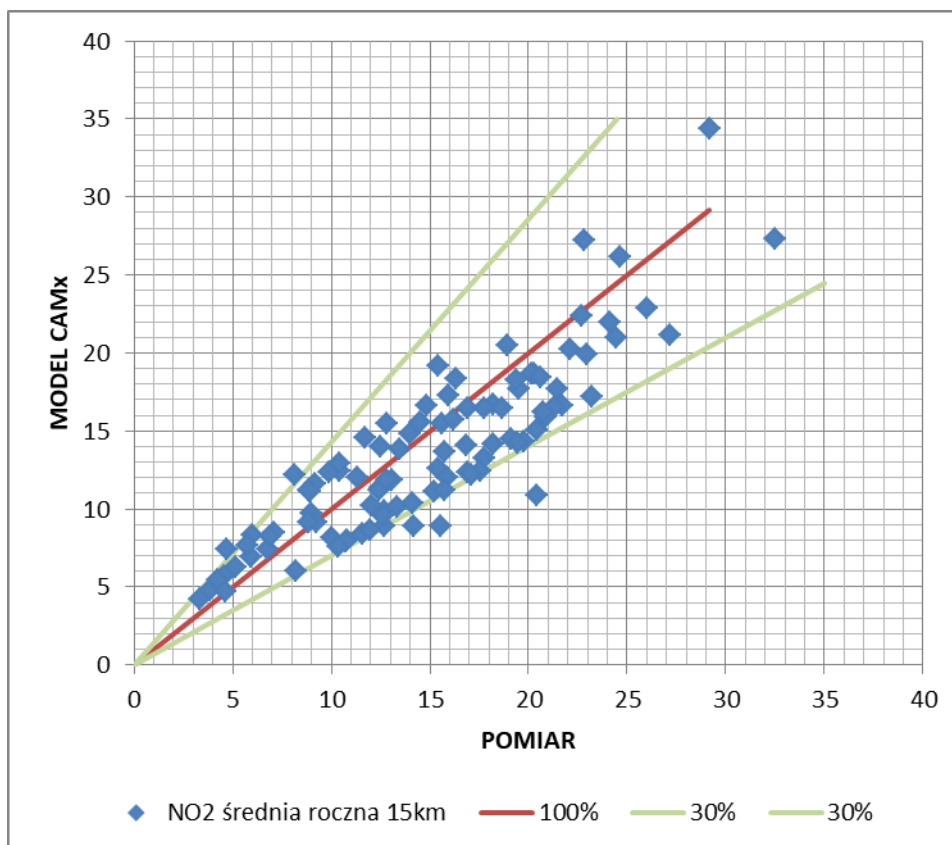
Nazwa stacji	Błąd względny		Błąd Dyrektywy RDE %	
	Siatka 5 km	Siatka 15 km	Siatka 5 km	Siatka 15 km
WpBoroDrapal	-24%	-12%	-8%	-4%
WpKaliSawick	13%	29%	6%	12%
WpKoniWyszyn	-21%	13%	-8%	5%
WpPiaskiKrzy	-29%	-27%	-6%	-6%
WpPoznDabrow	-14%	18%	-7%	9%
ZpSzczAndr01	1%	-7%	1%	-3%
ZpWiduBulRyb	-5%	-4%	-1%	-1%

Wartość błędów względnych dla wartości średniorocznych mieści się w granicach 30% dla 90% stacji pomiarowych biorąc pod uwagę wyniki modelowania w siatce 5x5 km. Tylko dla 5 stacji wyniki nie uzyskują wymaganych 30% błędu: stacje w Osieczowie, Smolnicy, Gutach Dużych, Łebie i Malborku. Aby zobrazować trend zbieżności uzyskanych wyników modelowania i wyników pomiarów, przedstawione zostały również rozrzuty wartości średniorocznych w obu siatkach modelowania.



Rysunek 24. Rozrzut wartości z modelu CAMx w siatce 5 x 5 km oraz wartości pomiarowych dla dwutlenku azotu dla punktów stacji pomiarowych na terenie kraju w 2017 r.

Poza obszar 30% wykraczają wartości dla 9 stacji pomiarowych dla dwutlenku azotu na 98 stacji pomiarowych uwzględnionych w analizie.



Rysunek 25. Rozrzut wartości z modelu CAMx w siatce 15 x 15 km oraz wartości pomiarowych dla dwutlenku azotu dla punktów stacji pomiarowych na terenie kraju w 2017 r.

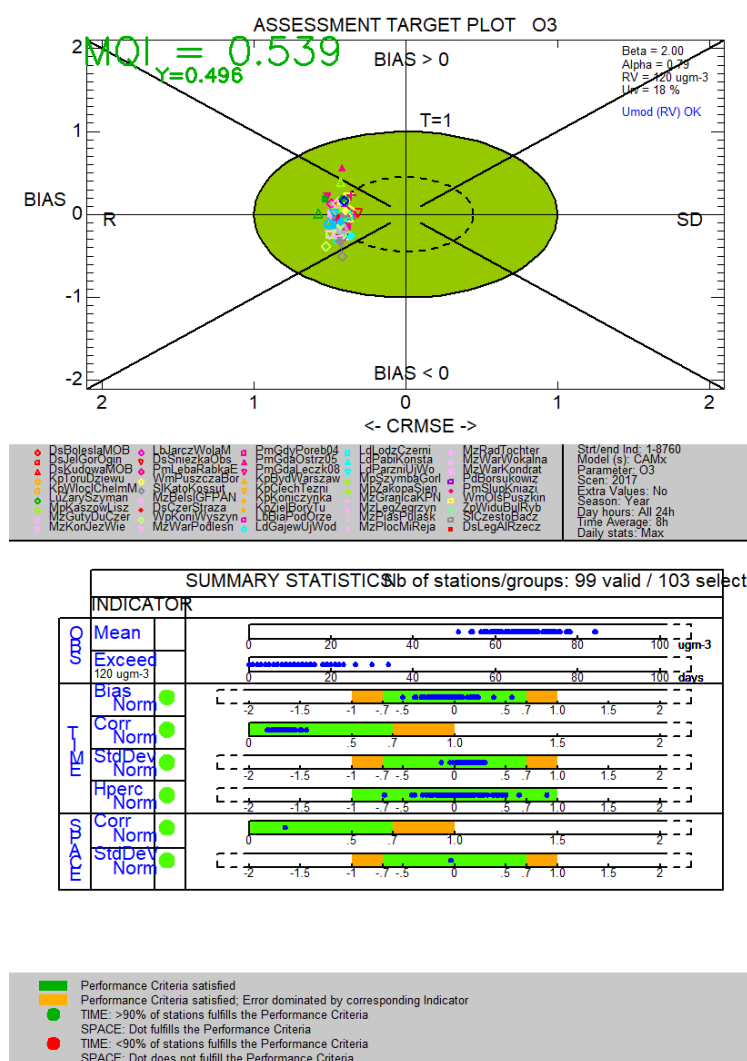
Wyniki modelowania w siatce 15x15 km nie spełniają warunku 30% błędu dla 7 stacji pomiarowych, co na 98 stacji i tak spełnia wymóg 90% stacji zapewniających zgodność wyników. Dla większości stacji wyniki modelowania zachowują bardzo dobrą zbieżność z wynikami pomiarów.

Dodatkowo została przeprowadzona analiza wyników modelowania w narzędziu DELTA TOOL, które pozwala na tworzenie raportów dla średnich rocznych i szeregów jednogodzinnych wyników modelowania. W niniejszej analizie wykonano analizę przebiegów godzinowych dla wszystkich analizowanych stacji. W ramach analizy zostały wybrane do porównania stacje spełniające kryterium kompletności wyników. Analizę wyników modelowania w narzędziu DELTA Tool przeprowadzono na danych surowych przed integracją wyników z pomiarami.

Zastosowany wskaźnik MQI - Wskaźnik jakości modelu definiowany jest jako stosunek pomiędzy odchyleniem zmierzonym do modelu, a ilością proporcjonalną do niepewności pomiaru. Wartość MQI poniżej 1 wskazuje na spełnienie przez model warunku dla wskaźnika MQO (Model Quality Objective).

Na potrzeby oceny jakości modelowania, przyjmuje się następujące przedziały dla współczynnika MQO:

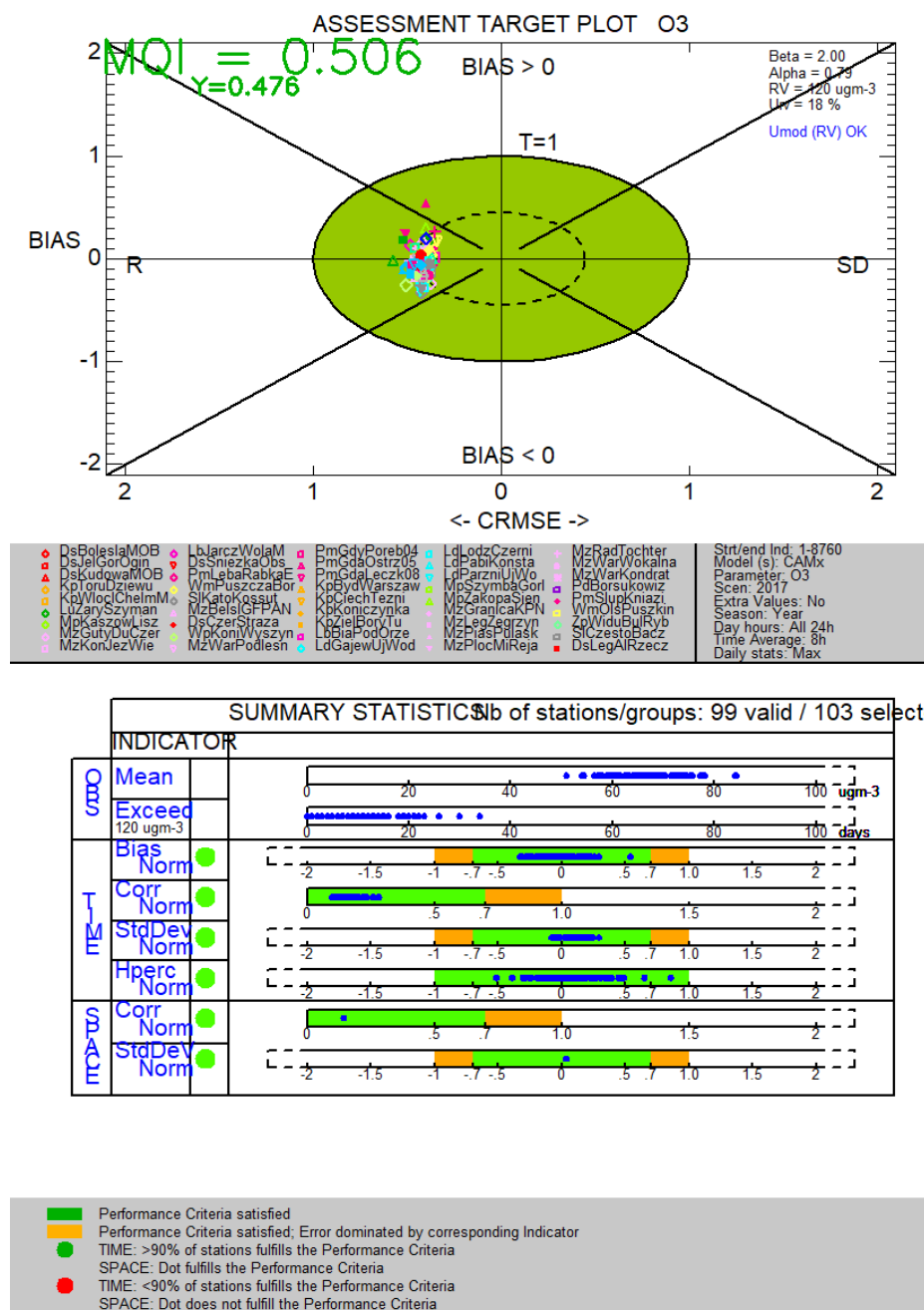
- $MQO \leq 0,5$ – wyniki modelowania zawierają się w przedziale określającym niepewność pomiaru, wprowadzanie zmian w modelu nie przyniesie poprawy wyników
- $0,5 < MQO \leq 1$ – model spełnia założone wymagania, wprowadzenie zmian może poprawić uzyskiwane wyniki
- $MQO > 1$ – w tym przypadku różnice pomiędzy pomiarami, a wartościami uzyskanymi z modelu są znaczące, model nie spełnia wymagań i należy przeprowadzić walidację.



Rysunek 26. Sumaryczny raport porównania wyników modelowania w siatce 5 x 5 km modelu CAMx dla ozonu oraz wyników pomiarów ze stacji PMS (Źródło: DELTA TOOL).

Powyższy raport sumaryczny stworzony został w ramach analizy mocnych i słabych stron modelu w narzędziu DELTA TOOL. W zakresie analizy wyników modelowania ozonu w skali 5x5 km obliczone korelacje, odchylenie standardowe wskazują na spełnianie przez ponad 90% stacji kryteriów oceny jakości modelowania w stosunku do wymogów Dyrektywy. Wskaźnik MQI, który jest głównym wskaźnikiem jak dalece odbiegają wyniki modelowania od wartości zmierzonych wskazujący na

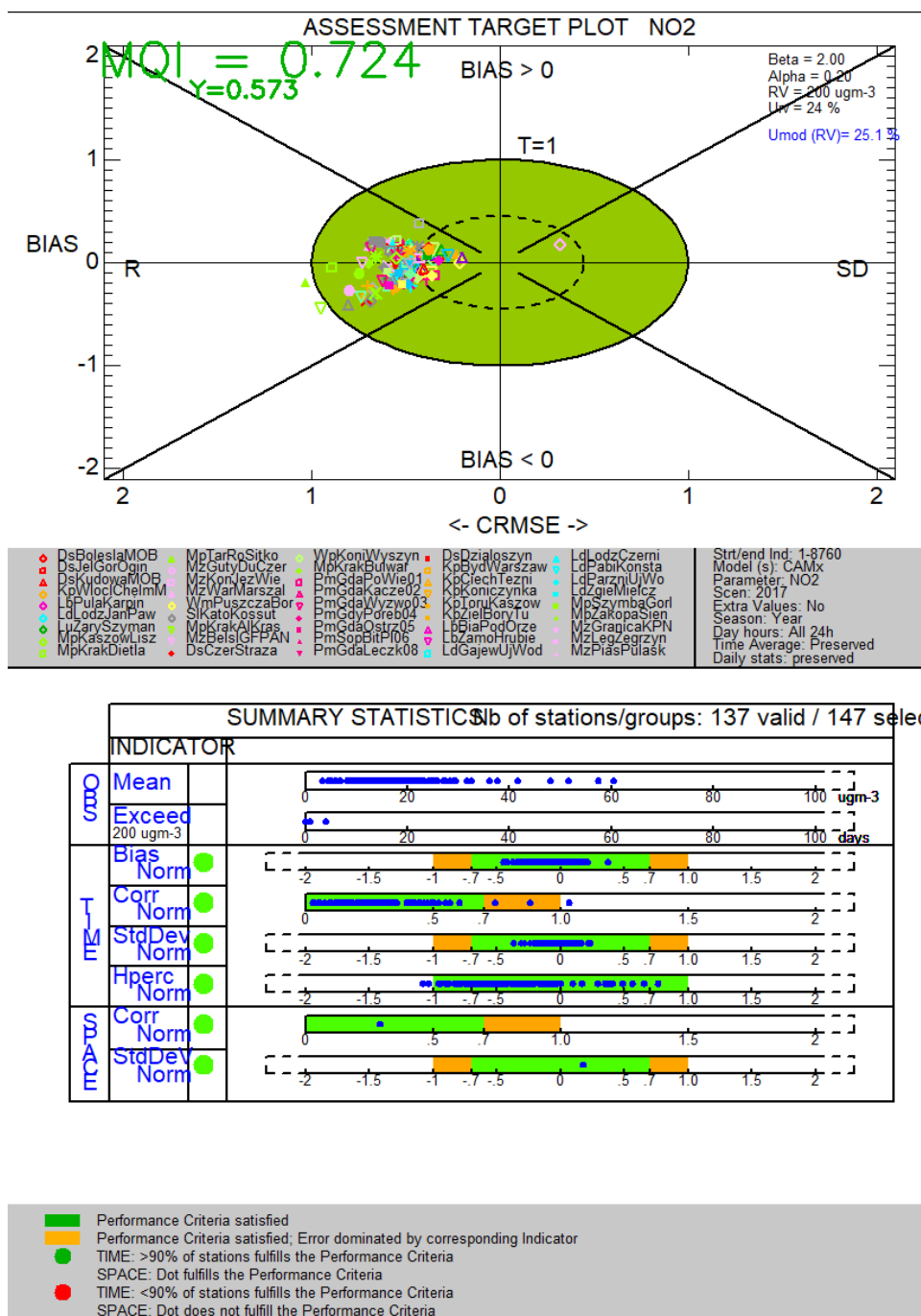
spełnienie kryteriów dla modelu jest poniżej 1, co oznacza dobrą zgodność wyników z wynikami pomiarów. Wskazuje on również na ile błąd zależy od odchylenia standardowego, a na ile od współczynnika korelacji. W przypadku usytuowania punktów na diagramie po lewej stronie (ćwiartce) diagramu wskazuje to na większe błędy korelacji, aniżeli odchylenia standardowego.



Rysunek 27. Sumaryczny raport porównania wyników modelowania w siatce 15 x 15 km modelu CAMx dla ozonu oraz wyników pomiarów ze stacji PMŚ (Źródło: DELTA TOOL).

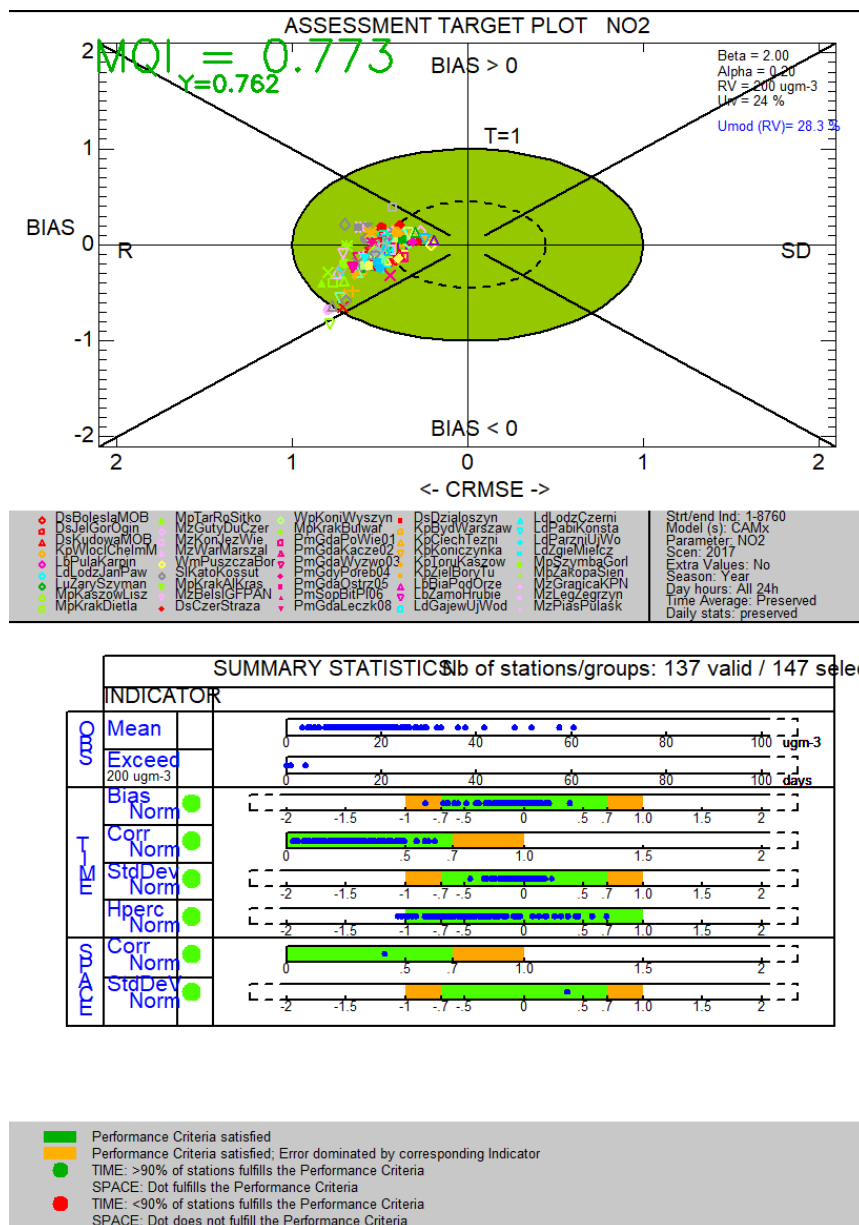
Wynik modelowania w skali 15x15 km również wykazuje zgodność wyników dla ozonu z modelowania z wynikami pomiarów, a wskaźnik MQI wskazuje na spełnienie warunku 90% stacji spełniających kryteria jakości modelowania.

Podobne analizy wykonane zostały dla modelowanych wyników NO₂ modelem CAMx w siatce 5x5 km.



Rysunek 28. Sumaryczny raport porównania wyników modelowania w siatce 5 x 5 km modelu CAMx dla dwutlenku azotu oraz wyników pomiarów ze stacji PMS (Źródło: DELTA TOOL).

Wyniki analizy dla dwutlenku azotu wskazują na spełnianie kryterium dla stacji pomiarowych wyrażone wskaźnikiem MQI, który mieści się w granicach <1 co oznacza, że mogą być wprowadzane zmiany w modelu, aby polepszyć wynik i osiągnąć wartość wskaźnika poniżej 0,5, ale i tak kryterium 90% zostało spełnione.



Rysunek 29. Sumaryczny raport porównania wyników modelowania w siatce 15 x 15 km modelu CAMx dla dwutlenku azotu oraz wyników pomiarów ze stacji PMS (Źródło: DELTA TOOL).

Dla wyników modelowania dwutlenku azotu w siatce 15x15 km widoczny jest spadek liczby stacji spełniających kryterium 50% błędu dla wartości 1 godzinnych dwutlenku azotu. Wskaźnik MQI w dalszym ciągu jednak wskazuje na spełnianie kryterium dla 90% stacji pomiarowych.

Wszystkie wyniki z modelowania wykonanego w dwóch siatkach rozdzielczości przestrzennej spełniają kryteria w zakresie zapewnienia jak najmniejszej niepewności modelowania zgodnie z definicją określoną w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu. Niepewność metod modelowania definiowana jako maksymalne odchylenie wartości stężeń zmierzonych od obliczonych, dla 90% stanowisk pomiarowych, w okresie uśredniania przyjętym dla poziomu dopuszczalnego, poziomu docelowego lub poziomu celu długoterminowego, bez uwzględniania czasu wystąpienia poszczególnych

zdarzeń. Niepewność modelowania powinna być interpretowana jako stosowalna dla poziomów stężeń w zakresie zbliżonym do odpowiedniego poziomu dopuszczalnego, poziomu docelowego lub poziomu celu długoterminowego. Pomiarów wybrane do porównania z wynikami modelowania powinny być reprezentatywne w skali odpowiedniej do skali modelowania.

7. ANALIZA EPIZODÓW WYSTĘPOWANIA WYSOKICH STĘŻEŃ OZONU TROPOSFERYCZNEGO W SKALI KRAJU W 2017 ROKU

W ramach analizy jakości powietrza pod względem ozonu troposferycznego przeanalizowane zostały epizody występowania wysokich stężeń ozonu w kraju w 2017 r. Brane były pod uwagę pomiary ozonu na stanowiskach pomiarowych prowadzone w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.

Do epizodów zostały zaklasyfikowane te dni, w których przynajmniej przez 8 kolejnych godzin wystąpiło stężenie ozonu większe niż $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ponadto epizody zostały podzielone pod względem zasięgu ich oddziaływania:

- a) jeżeli przekroczenie wartości kryterialnej ozonu wystąpiło przynajmniej na 10 stanowiskach pomiarowych ozonu, to zostało ono zaklasyfikowane jako epizod o zasięgu regionalnym,
- b) jeśli przekroczenie wartości kryterialnej ozonu miało miejsce na mniej niż 10 stanowiskach pomiarowych ozonu, to zostało ono zaklasyfikowane jako epizod lokalny.

Na podstawie wyników pomiarów Państwowego Monitoringu Środowiska oraz z uwzględnieniem obliczeń modelowych w skali kraju $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ określone zostały:

- maksymalną długość trwania poszczególnych epizodów na stacjach jako maksymalną długość występującą na jednej stacji,
- przyczyny ich wystąpienia na podstawie m. in. analizy sytuacji meteorologicznej,
- udziały napływu transgranicznego i poszczególnych typów emisji (emisja naturalna, emisja przemysłowa, transport, rolnictwo) w stężeniach maksymalnych w trakcie trwania epizodów, z wykorzystaniem modelowania w skali kraju $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$.

Tabela 10. Epizody wysokich stężeń ozonu w 2017 roku

Nr	Rozpoczęcie	Zakończenie	Maksymalny czas trwania na pojedynczej stacji	Liczba stacji na których wystąpił epizod w danym dniu (maksymalnie)	Typ epizodu
1	2017-01-30	2017-01-30	11	1	lokalny
2	2017-04-01	2017-04-02	9	2	lokalny

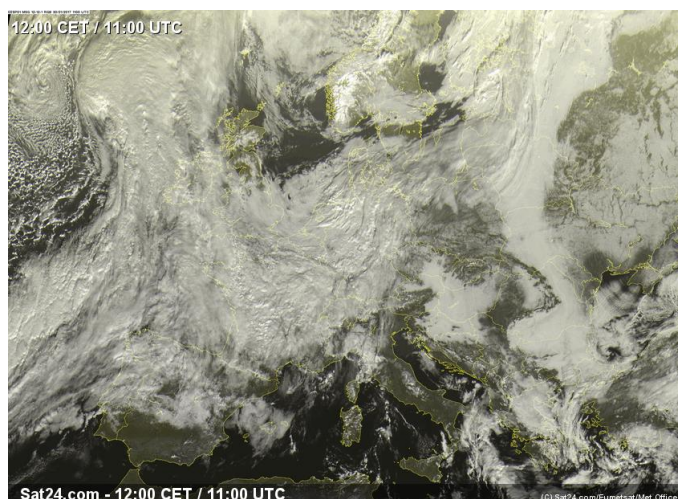
Nr	Rozpoczęcie	Zakończenie	Maksymalny czas trwania na pojedynczej stacji	Liczba stacji na których wystąpił epizod w danym dniu (maksymalnie)	Typ epizodu
3	2017-04-10	2017-04-10	8	1	lokalny
4	2017-04-25	2017-04-25	16	1	lokalny
5	2017-05-18	2017-05-19	32	20	regionalny
6	2017-05-20	2017-05-20	9	4	lokalny
7	2017-05-23	2017-05-23	9	5	lokalny
8	2017-05-29	2017-05-30	28	3	lokalny
9	2017-06-03	2017-06-04	13	14	regionalny
10	2017-06-20	2017-06-20	11	10	regionalny
11	2017-06-24	2017-06-25	18	6	lokalny
12	2017-06-28	2017-06-28	11	3	lokalny
13	2017-07-09	2017-07-09	9	1	lokalny
14	2017-07-19	2017-07-20	11	8	lokalny
15	2017-07-22	2017-07-22	8	1	lokalny
16	2017-07-30	2017-08-03	14	23	regionalny
17	2017-08-05	2017-08-05	9	3	lokalny
18	2017-08-09	2017-08-10	9	5	lokalny
19	2017-08-16	2017-08-16	9	3	lokalny
20	2017-08-18	2017-08-18	9	4	lokalny
21	2017-08-30	2017-08-31	14	4	lokalny

7.1. Epizod 30 stycznia 2017

Epizod w dniu 30 stycznia miał charakter ściśle lokalny. Został odnotowany jedynie na stacji pomiarowej w Krempnej w województwie podkarpackim, między godziną 12.00 a 22.00. Najwyższe stężenie wystąpiło o godzinie 17.00 i wyniosło 127,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

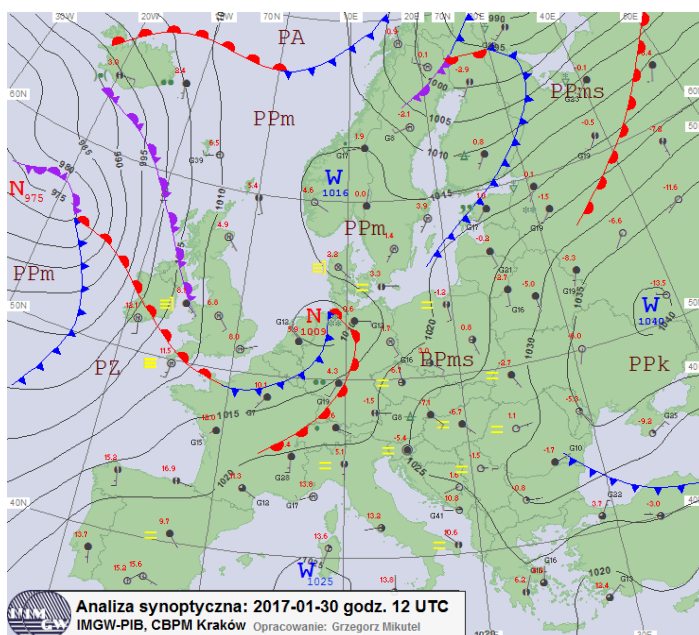
7.1.1. Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W dniu 30 stycznia Polska południowa i wschodnia znalazła się pod wpływem peryferyjnej części obszaru wyżowego z ośrodkiem nad Rosją. Wyż ten stanowił blokadę dla strefowej cyrkulacji zachodniej. Po jego obrzeżu masy powietrza polarno - morskiego starego przepływały z bardzo niewielką prędkością (do 2,5 m/s) z południowego wschodu na północny zachód. Nad centralną i południową częścią kraju występowała silna inwersja osiadania, której towarzyszyły mgły i zamglenia.

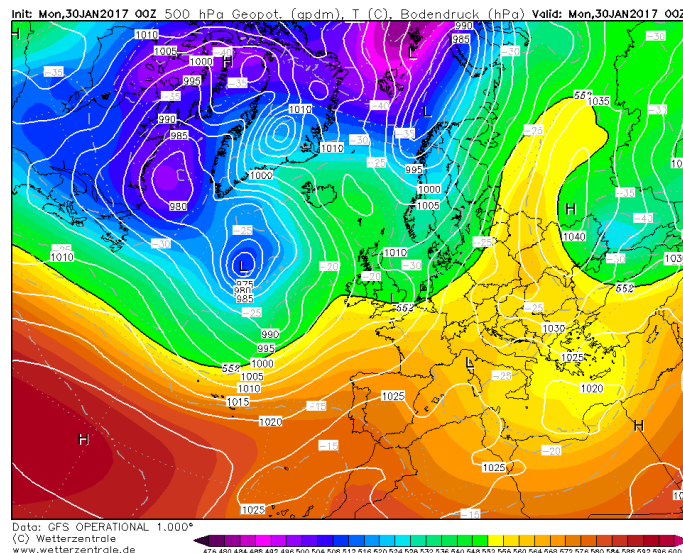


Rysunek 30. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 30 stycznia 2017 r. (źródło: SAT24.com)

W ciągu dnia zachmurzenie wzrastało w związku z nadciągającym od zachodu ciepłym frontem związanym z migrującym znan Niemiec płytkim ośrodkiem niżowym, formującym się na peryferiach rozległego i głębokiego niżu znan północnego Atlantyku. Wzrastające zachmurzenie warstwowe przyniosło ze sobą deszcz i deszcz ze śniegiem, głównie w zachodniej i północno-zachodniej części kraju.

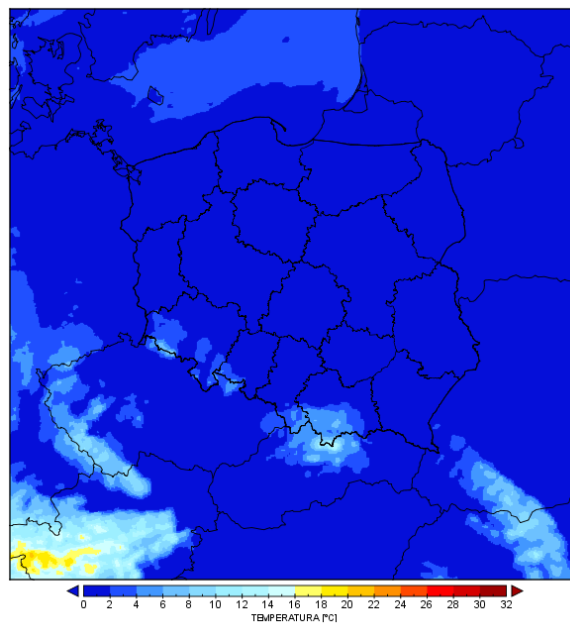


Rysunek 31. Analiza synoptyczna w dniu 30.01.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).



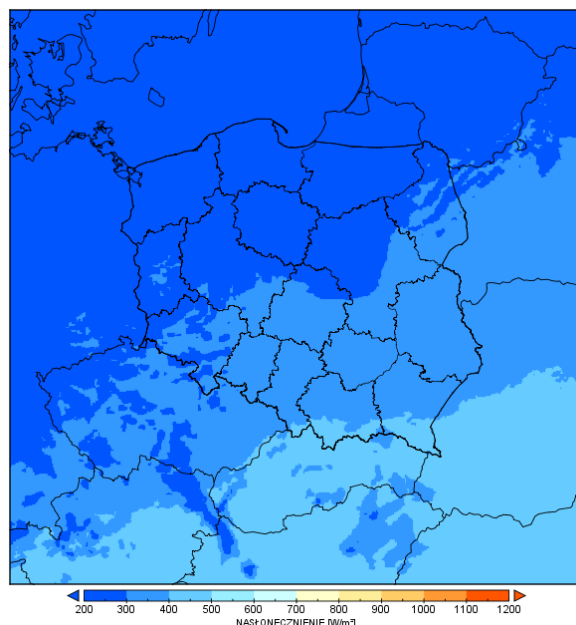
Rysunek 32. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 30.01.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków)

Nad Polską panował pas wysokiego ciśnienia atmosferycznego należący do klina wysokiego ciśnienia panującego nad Azją oraz wyżu barycznego znad Grecji.



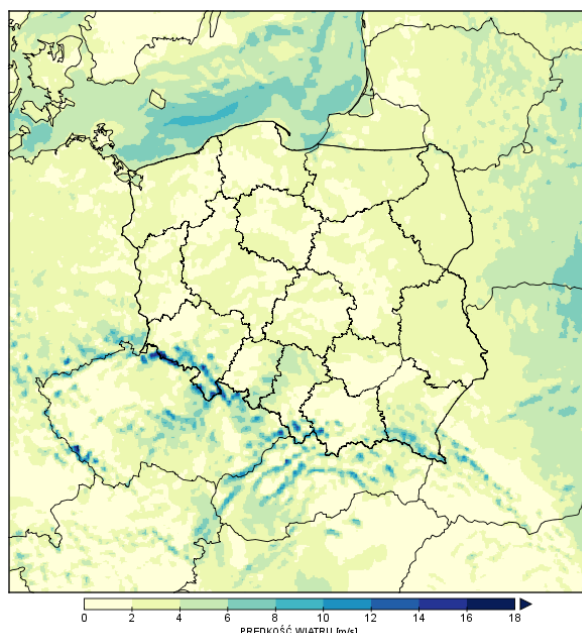
Rysunek 33. Temperatura powietrza w dn. 30.01.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).

Temperatura w południe wynosiła od około -3°C na krańcach południowo-wschodnich, gdzie zaznaczył się wpływ mroźnego powietrza kontynentalnego, do 3°C w województwie dolnośląskim i małopolskim.



Rysunek 34. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 30.01.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).

Natężenie promieniowania słonecznego było bardzo małe ze względu na występowanie bardzo dużego zachmurzenia, szczególnie na obszarze północno-zachodniej części kraju. Epizod wysokich stężeń ozonu wystąpił w obszarze najwyższego nasłonecznienia w województwie podkarpackim.

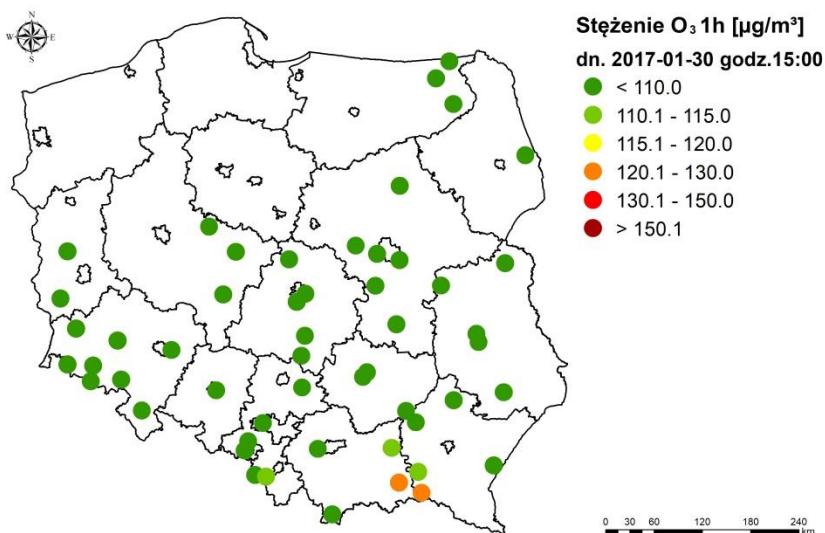


Rysunek 35. Prędkość wiatru w dn. 30.01.2017r.godz.12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).

Prędkość przepływu mas powietrza na przeważającym obszarze kraju była stabilna i nie przekraczała 4 m/s, poza województwami południowymi, gdzie prędkość wiatru miejscami sięgała do 10 m/s. Nie wpłynęło to jednak na poziom nasłonecznienia na obszarze kraju.

7.1.2. Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

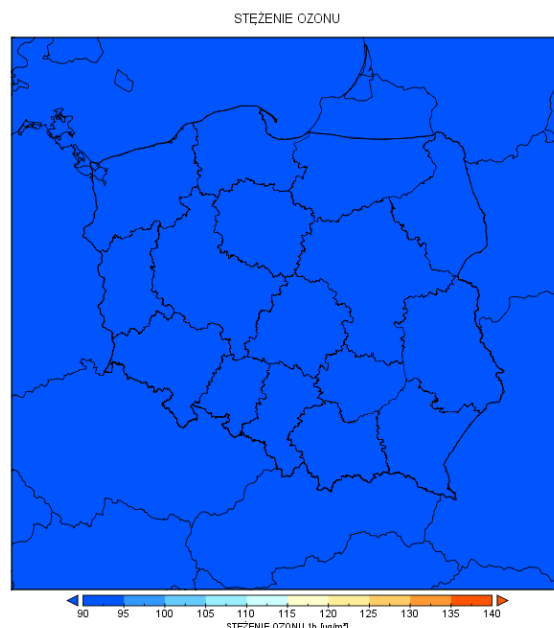
Poziom stężeń ozonu w dniu 30 stycznia 2017 roku powyżej poziomu $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpił maksymalnie na 2 stacjach pomiarowych w godzinach od 14:00 do 16:00, jednak tylko na jednej stacji w Krempnej w województwie podkarpackim, poziom ten utrzymywał się przez 8 godzin nieprzerwanie. Maksymalna wartość stężenia wystąpiła o godzinie 17:00 i wyniosła $127,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 36. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 30 stycznia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Biorąc pod uwagę zasięg epizodu dla ozonu zasięg wysokich stężeń objął jedynie dwie stacje: w województwie małopolskim i podkarpackim. Godzina wystąpienia najwyższego stężenia ozonu na stacji w Krempnej, nie była jednak godziną w której wystąpił największy zasięg wysokich stężeń ozonu na stacjach pomiarowych. W chwili wystąpienia najwyższego stężenia na stacji w Krempnej wysokie stężenia utrzymywały się tylko na tej stacji.

Przeanalizowano również wyniki modelowania w zakresie stężeń ozonu w dniu wystąpienia epizodu oraz w godzinie wystąpienia najwyższego stężenia ozonu (godzina 17:00).

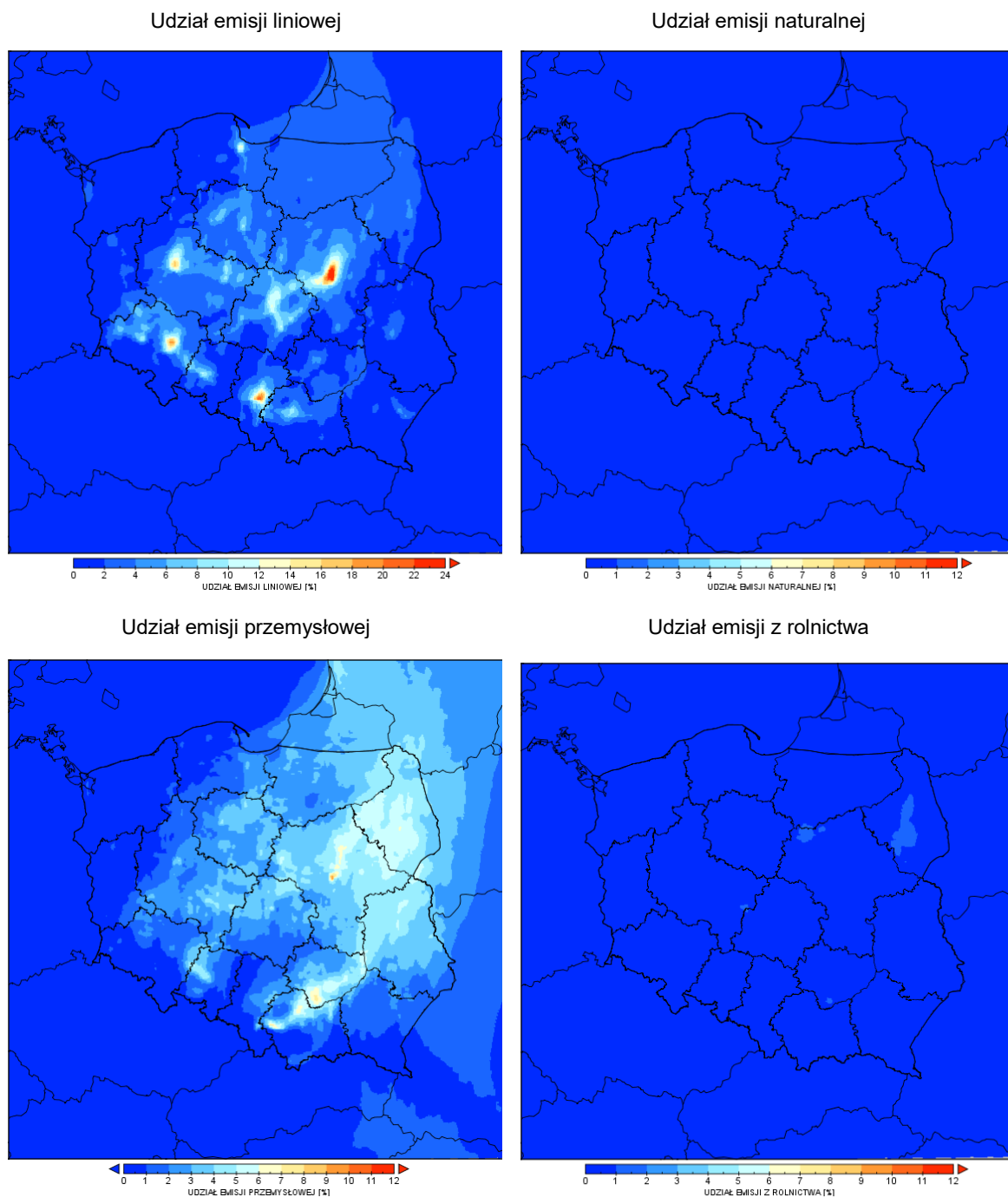


Rysunek 37. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 30.01.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Dla obszaru dla którego wystąpiły na stacji wysokie stężenia ozonu nie zostały potwierdzone wyniki w modelowaniu. Stężenia ozonu z modelowania dla godziny 17:00 nie wskazują na zróżnicowanie wysokości stężeń na terenie całego kraju, dlatego też wynik modelowania jest zaniżony w stosunku do pomiarów w województwach małopolskim i podkarpackim. W województwie małopolskim są nieco zawyżone w stosunku do pomiaru, ponieważ wyniki pomiarów nie potwierdzają wystąpienia stężeń powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla województwa małopolskiego. Natomiast wyniki modelowania dla pozostałej części kraju odzwierciedlają poziom stężeń występujący na stacjach czyli poniżej $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

7.1.3. Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

W celu przeanalizowania powodów występowania epizodów wysokich stężeń ozonu biorąc pod uwagę udziały poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się ozonu przeprowadzono modelowanie modelem CAMx z zastosowaniem modułu OSAT. Do analizy wybrano termin, w którym wystąpił najwyższy zasięg wysokich stężeń w trakcie epizodu czyli godzinę 15:00. W analizie źródeł emisji ujęto zarówno źródła emisji lokalnej jak i źródła transgraniczne.

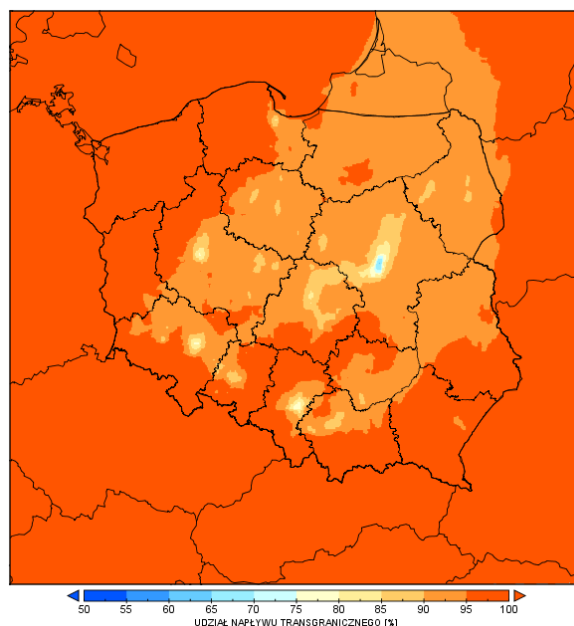


Rysunek 38. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.01.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

W stężeniach ozonu w trakcie epizodu największy udział miały źródła liniowe z transportu, dla których udział wynosił najwięcej w aglomeracji warszawskiej i górnośląskiej - do 22%, natomiast na pozostałych obszarach udział tych źródeł dochodził do 10%. Widoczny jest również udział źródeł przemysłowych we wschodnich obszarach kraju szczególnie w województwie mazowieckim, małopolskim i świętokrzyskim. Udział tych źródeł dochodzi do 6% wysokości stężeń. Źródła naturalne i

rolnictwo nie mają żadnego wpływu na wysokość stężeń. Nie jest widoczny szczególny udział danego rodzaju źródeł w obszarze w którym wystąpił epizod.

Napływ transgraniczny



Rysunek 39. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.01.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Udział źródeł transgranicznych wskazuje na przyczynę wystąpienia epizodu, ponieważ w obszarze województwa podkarpackiego i małopolskiego wynosi ponad 95% stężenia. Najniższy udział tych źródeł odnotowany został w województwie mazowieckim i wyniósł 70%.

7.2. Epizod 1-2 kwietnia 2017

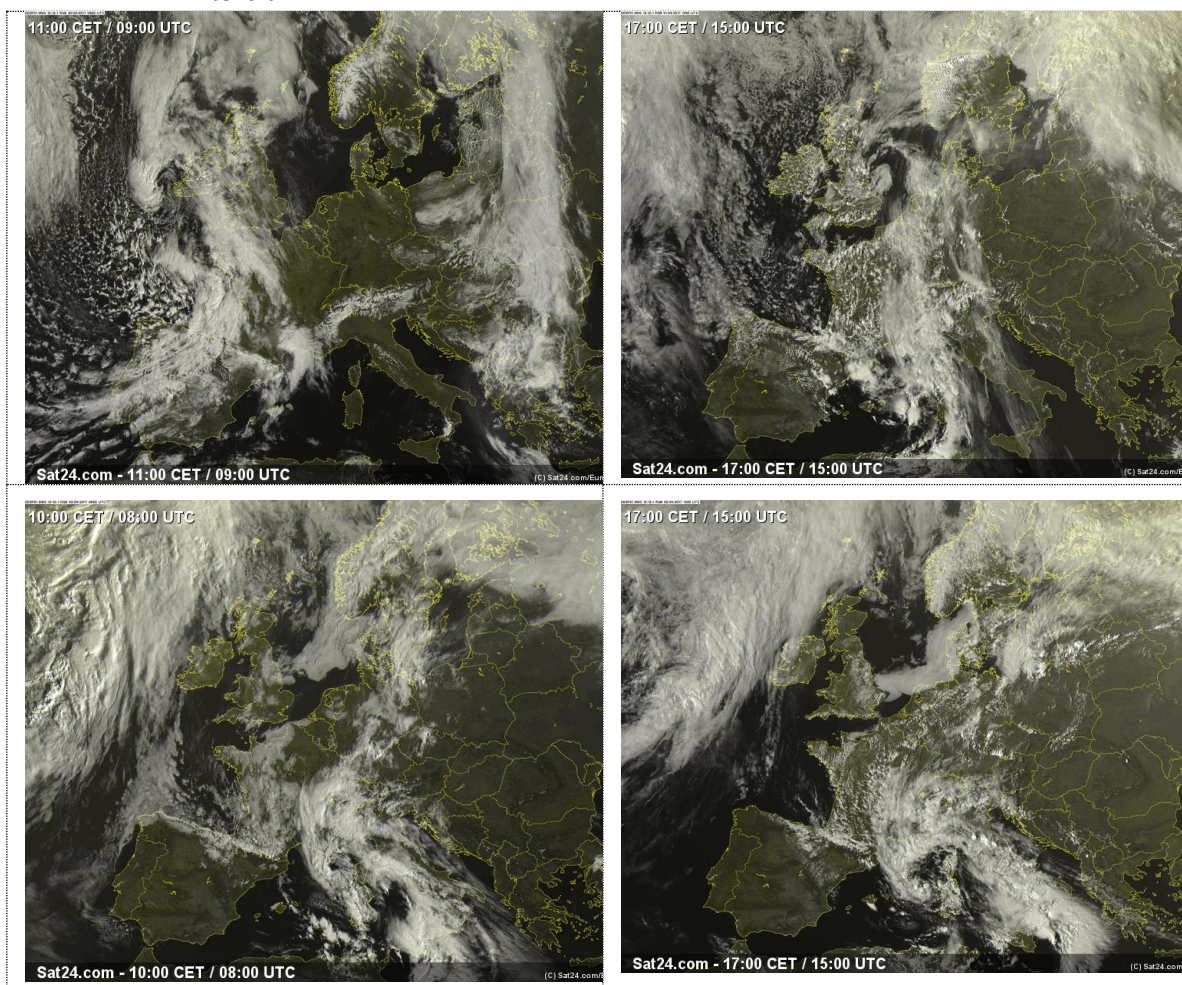
Epizod podwyższonych stężeń ozonu w dniach 1-2 kwietnia miał charakter lokalny. W dniu 1 kwietnia przekroczenia odnotowano na dwóch stacjach w województwie dolnośląskim (w Czerniawie i w Jeleniej Górze), a 2 kwietnia na jednej stacji w województwie podkarpackim (w Przemyśle). Wysokie stężenia ozonu występowały w Czerniawie między godziną 11.00 a 18.00, z maksimum na poziomie $137,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 16.00, a w Jeleniej Górze trwały o godzinę dłużej, przy czym wartość maksymalna osiągnęła $140,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 17.00.

Wysokie stężenia ozonu odnotowano w Przemyśle 2 kwietnia między godziną 10.00 a 17.00, z maksymalnym stężeniem na poziomie $131,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 16.00.

Mimo lokalnego charakteru w odniesieniu do długości trwania na pojedynczej stacji, zasięg geograficzny wysokich stężeń w obu dniach epizodu był znaczny i w godzinach popołudniowych obejmował do 31 – 38 stacji jednocześnie

7.2.1. Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu.

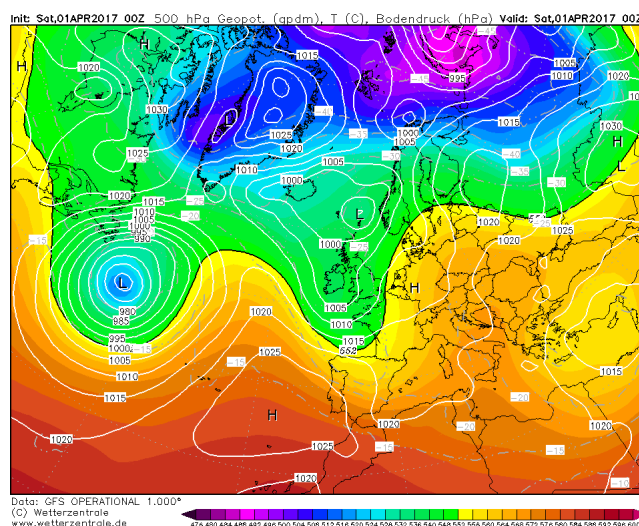
Sytuacja pogodowa w Polsce w dniach 1-2 kwietnia kształtowała się pod wpływem suchego i ciepłego powietrza napływającego z południa i południowego wschodu na skutek oddziaływania niżu, który w kolejnych dniach przemieszczał się znad Atlantyku nad północną Skandynawię. Ciepłe powietrze objęło przede wszystkim południową i środkową Europę, sięgając aż po Bałtyk i południową Skandynawię. Temperatury w Polsce w ciągu dnia osiągały do 20-24 stopni. W nocy na północnych i południowych krańcach Polski występowały zamglenia. Nad większością kraju, w ciągu trwania opisywanego epizodu, suche powietrze nie sprzyjało występowaniu chmur, utrzymywały się jedynie śladowe ilości Cirrusów. Prędkości wiatru były na ogół niewielkie, osiągające 1-2 m/s.



Rysunek 40. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniach 1-2 kwietnia 2017 r. (źródło: Sat24.com)

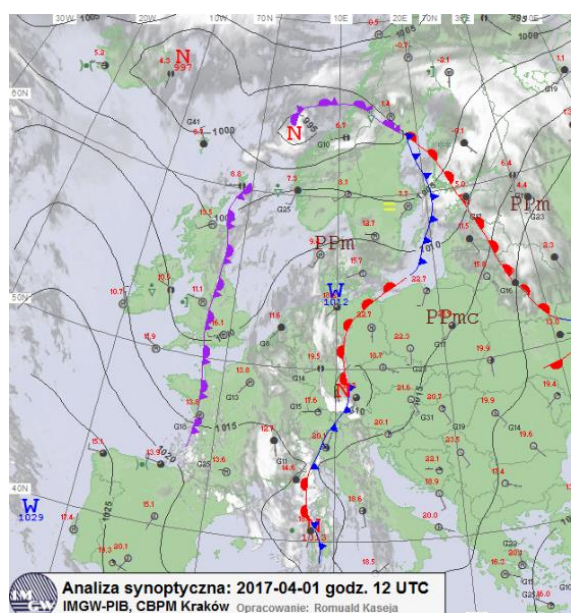
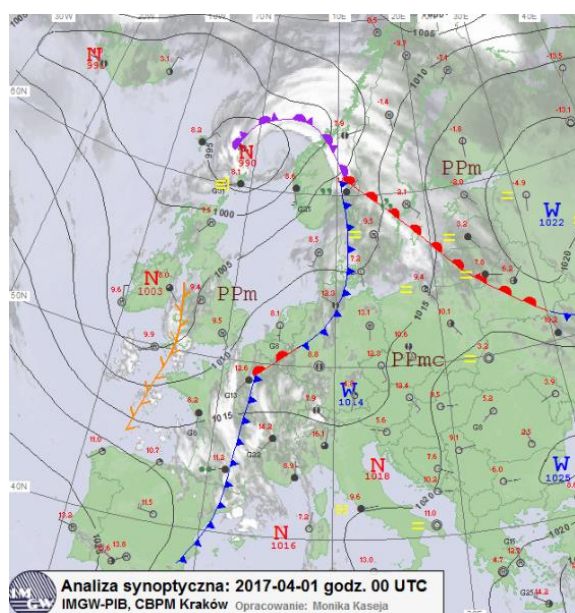
Ciśnienie wolno spadało. Nadciągający z zachodu front chłodny, oddzielający masy świeżego powietrza polarno-morskiego od ciepłych mas zalegających nad Polską uległ zafalowaniu i 1 kwietnia po południu nad Bawarią zaczął się formować płytki ośrodek niżowy, który w kolejnym dniu przemieszczał się nad północno-zachodnią częścią kraju, kierując się od Ziemi Lubuskiej ku NE, w stronę Litwy. Razem z nim na wschód przemieszczał się front chłodny. Pod jego naporem ustępowało ciepłe powietrze, w którym najwyższa temperatura wystąpiła na wschodzie i południowym

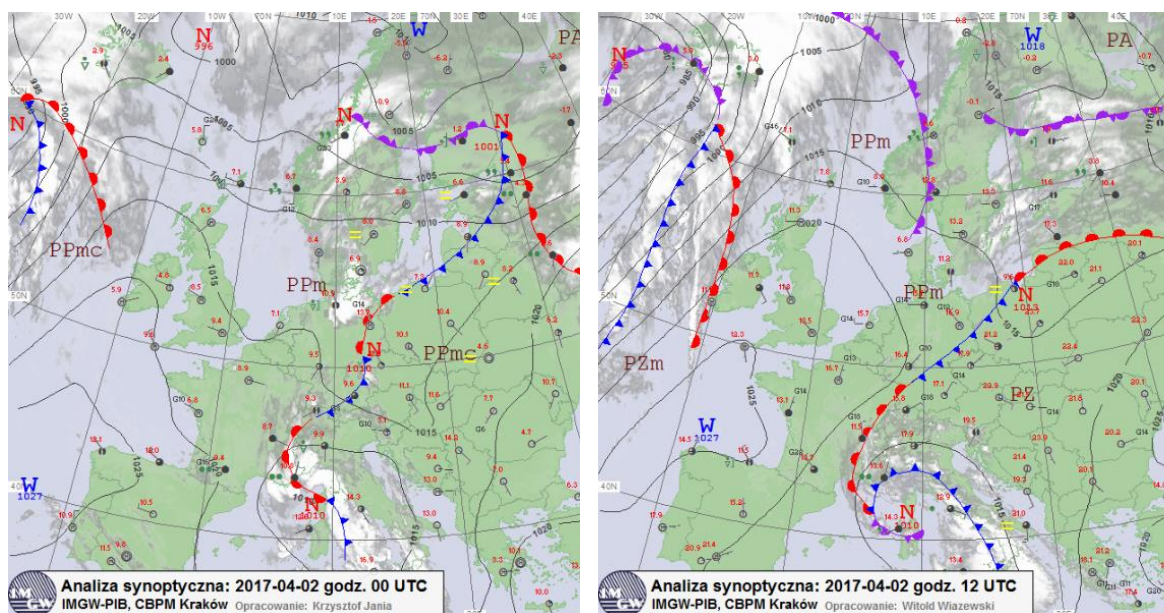
wschodzie Polski. Zachmurzenie na zbliżającym się froncie również było stosunkowo niewielkie, jednak w godzinach popołudniowych w skutek aktywności konwekcyjnej pojawiały się izolowane chmury Cb z przelotnymi opadami deszczu oraz burzami, przesuwanymi się wzdłuż frontu. Burze w opisywanym okresie występowały głównie na południowy zachód od Polski, nad Niemcami i Czechami. Pozostałości jednej z chmur burzowych z opadem deszczu widoczne były jeszcze 2 kwietnia w godzinach porannych nad Dolnym Śląskiem, jednak w tym czasie stężenia ozonu na stacjach w Czarniawie i Jeleniej Górze nie przekraczały już poziomu $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



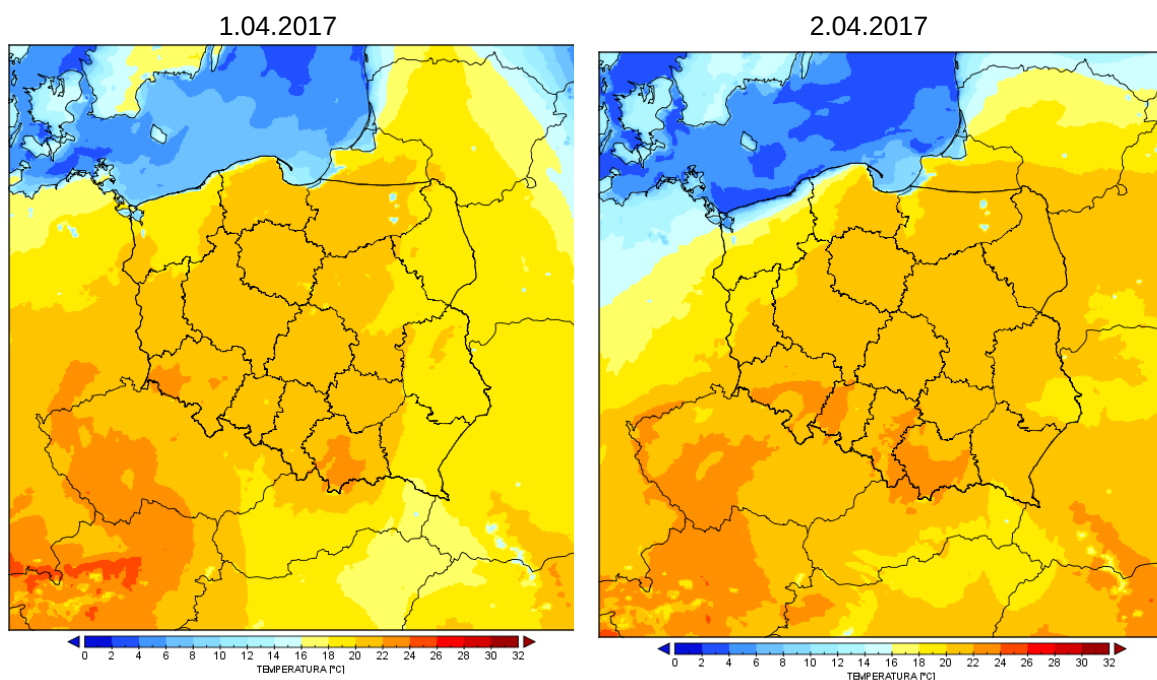
Rysunek 41. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 01.04.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

Po przejściu niżu atlantyckiego przez Góry Skandynawskie, 2 kwietnia w chłodnym powietrzu spływającym z północy w jego tylnej części formować się zaczął klin od wyżu azorskiego, blokując cyrkulację zachodnią, co następnie zakończyło napływ ciepłego powietrza od południa, a tym samym wiosenny epizod słonecznej pogody z lokalnie podwyższonymi stężeniami ozonu w południowej części Polski.



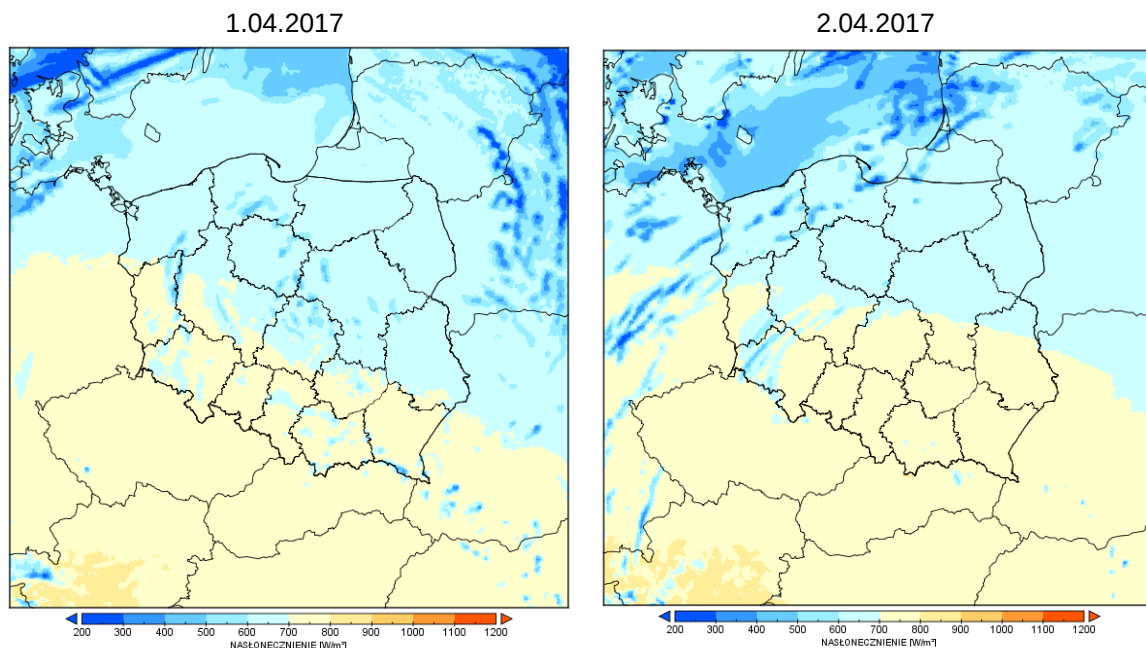


Rysunek 42. Analiza synoptyczna w dniach 1-2.04.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).



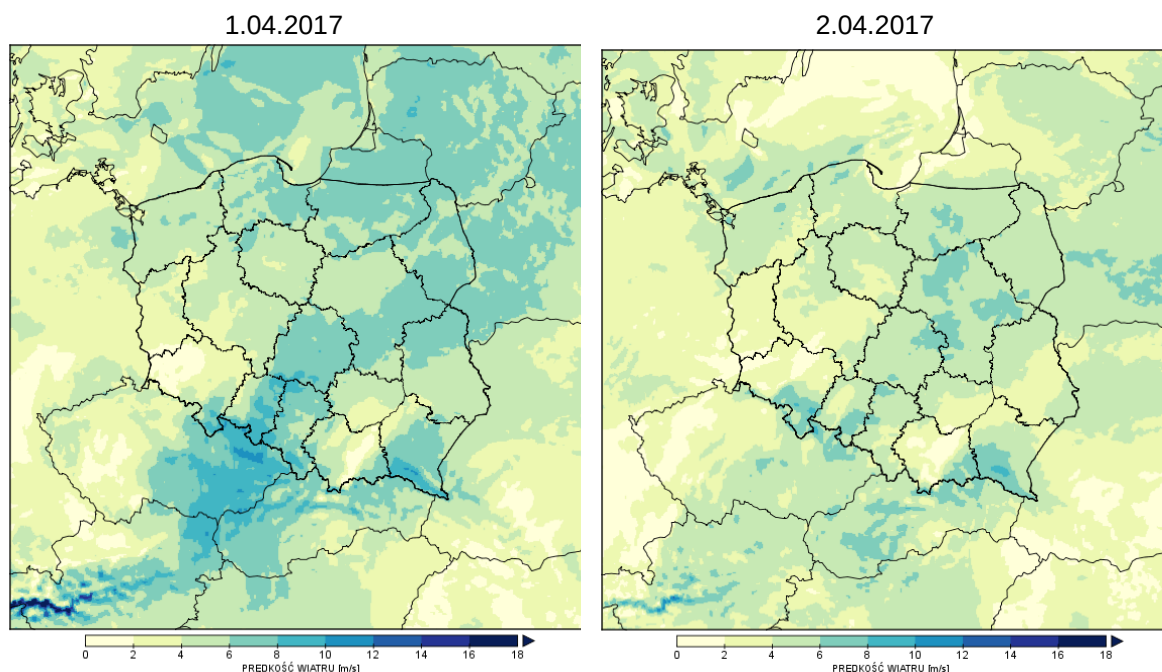
Rysunek 43. Temperatura powietrza w dn. 01-02.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Temperatura na przeważającym terenie kraju w czasie epizodu była dość wysoka do 24°C w południowych województwach. Najniższa temperatura około 14°C wystąpiła na Pomorzu i miejscami na Suwalszczyźnie. Widoczny był front ciepłego powietrza znanego z Europy południowej.



Rysunek 44. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 01-02.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego w czasie epizodu było największe w południowej i centralnej części kraju, a lekkie zachmurzenie wystąpiło na północy i północnym wschodzie kraju, gdzie przesuwał się pas chmur znad północnych granic kraju nad Morze Bałtyckie.

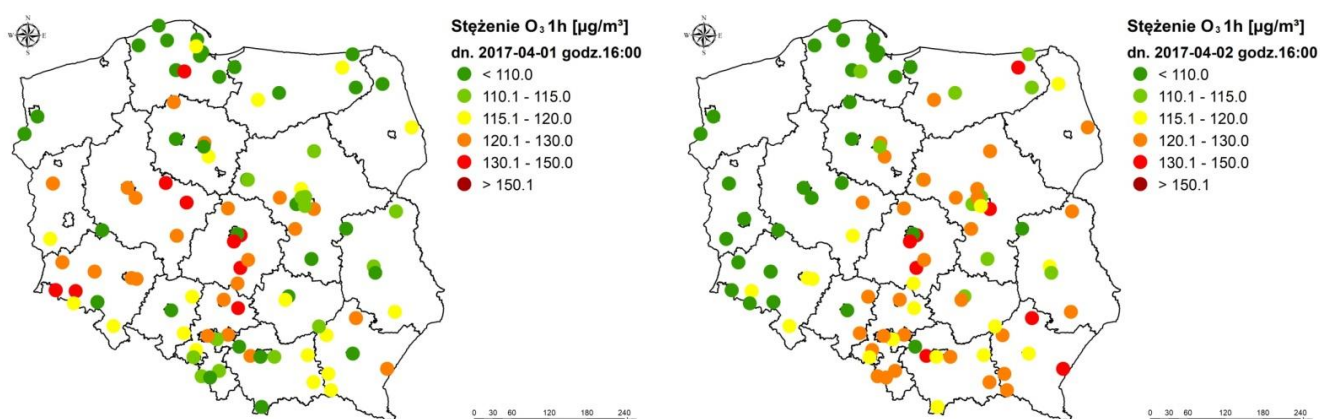


Rysunek 45. Prędkość wiatru w dn. 01-02.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Prędkość przepływu mas powietrza była zróżnicowana, szczególnie w pierwszym dniu trwania epizodu, gdzie w województwach opolskim, śląskim, dolnośląskim, podkarpackim i łódzkim dochodziła do 10 m/s, a w północno-zachodniej Polsce nie przekraczała prędkości 6 m/s. W drugim dniu epizodu przepływ mas powietrza osiągał niższe wartości, na przeważającym obszarze kraju prędkość wiatru nie przekraczała 6 m/s.

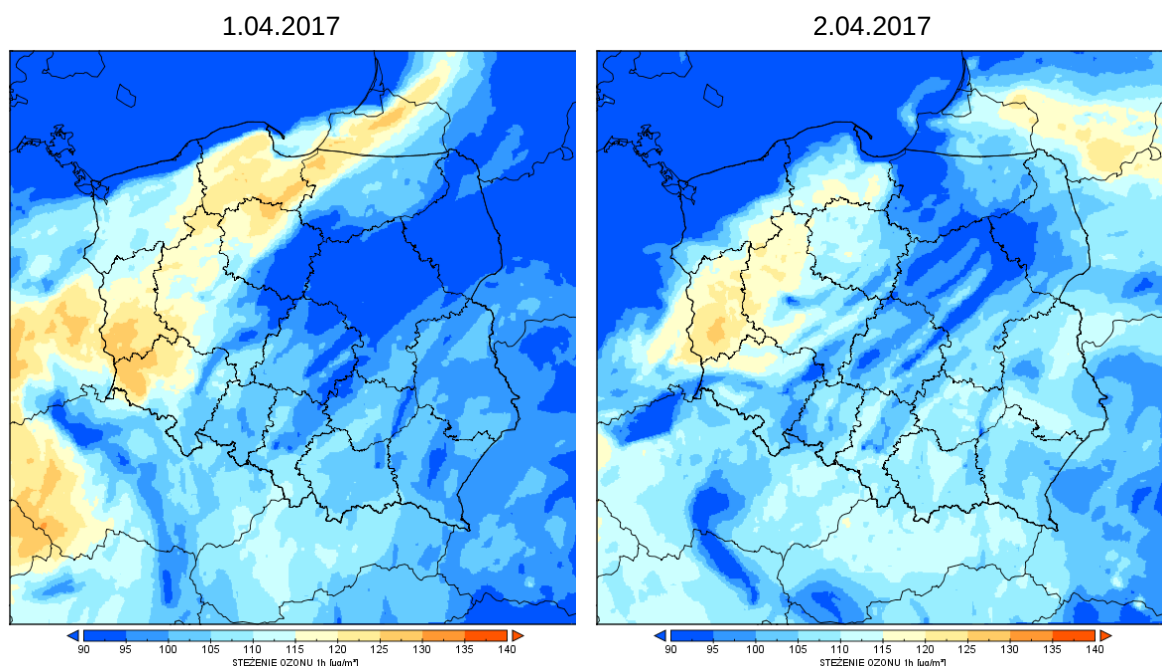
7.2.2 Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

Wysokie stężenia ozonu w trakcie epizodu w dniach 1 i 2 kwietnia utrzymywały się na stacjach pomiarowych Państwowego Monitoringu Środowiska przez maksymalnie 9 godzin, które wystąpiło na stacji w Jeleniej Górze. Największy zasięg wysokich stężeń w trakcie epizodu nastąpił o godzinie 16:00 2 kwietnia i objął 38 stacji pomiarowych. Maksymalne stężenia ozonu nastąpiło jednak w dniu 1 kwietnia o godzinie 17:00 również na stacji w Jeleniej Górze. Wysokie stężenia ozonu wystąpiły nieprzerwanie przez 8 godzin tylko na 2 stacjach jednocześnie i zmieniały się w obu dniach epizodu. W pierwszym dniu wystąpiły na stacji w Jeleniej Górze i Czerniawie, natomiast drugiego dnia na stacji w Przemyśle.



Rysunek 46. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 µg/m³ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 01 i 02 kwietnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMS).

Największy zasięg występowania wysokich stężeń ozonu w dniu 1 kwietnia obejmował centralną część kraju i jednocześnie objął 31 stacji, a stężenia ozonu przekraczały nawet 130 µg/m³. W drugim dniu epizodu wysokie stężenia objęły jednocześnie 38 stacji, gdzie większość z nich zlokalizowana była w województwach centralno-wschodnich. Spadły stężenia w województwach dolnośląskim, wielkopolskim, lubuskim i pomorskim.

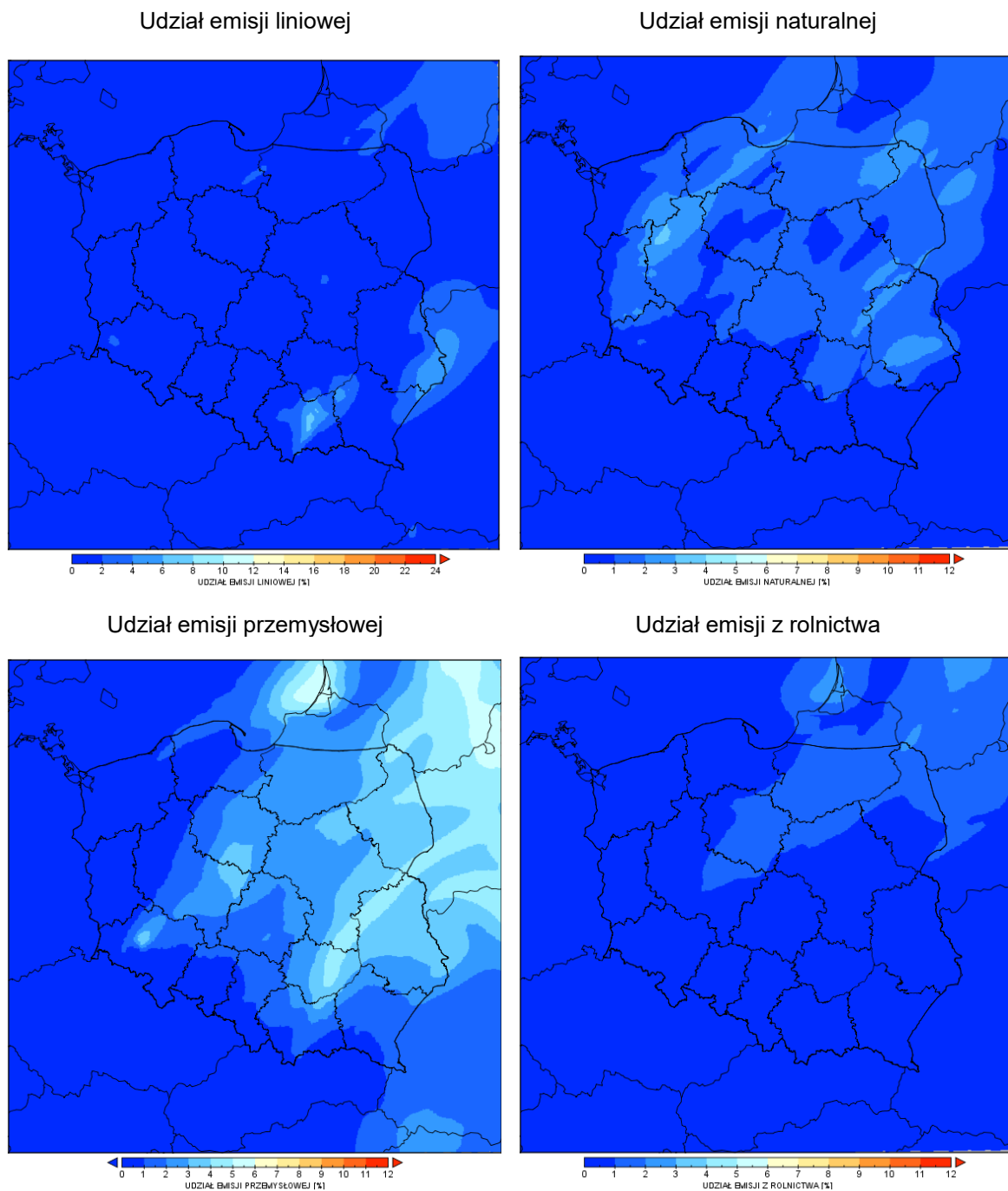


Rysunek 47. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 01-02.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Zakres wysokości stężeń z wyników modelowania dla godziny największego zasięgu wysokich stężeń wskazuje na niedoszacowanie wyników modelowania w stosunku do pomiarów. Stężenia powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obejmują obszar północno-zachodnich województw: lubuskiego, pomorskiego, części wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego w pierwszym dniu epizodu. W drugim dniu obszar ten zawęża się tylko do województwa wielkopolskiego i lubuskiego. Nie ma widocznego przesunięcia na obszar południowo-wschodniej części kraju jak to miało miejsce w pomiarach w tym dniu. Zasięg również jest znacznie mniejszy.

7.2.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

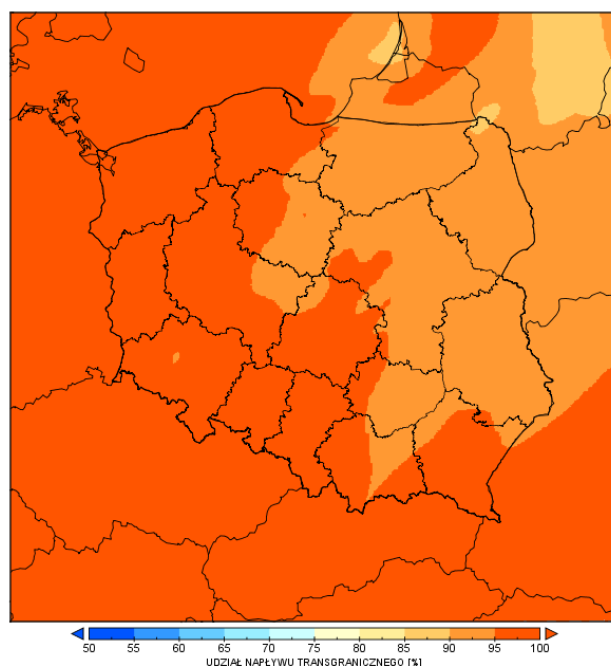
Analizę udziału poszczególnych rodzajów źródeł emisji w tworzeniu się ozonu wykonano również dla godziny, w której wystąpił najwyższy zasięg występowania wysokich stężeń ozonu na stacjach pomiarowych. Spośród źródeł krajowych analiza udziału mających wkład w tworzenie się ozonu wskazuje na mały udział źródeł lokalnych, a jedynie źródła emisji przemysłowej mają udział do 6%. Udział źródeł emisji liniowej widoczny jest w województwie małopolskim i na granicy województwa lubelskiego dochodząc do 10%. Źródła naturalne wpływają na powstawanie ozonu zaledwie od 2 do 4%, natomiast źródła rolnicze nie mają praktycznie żadnego wpływu.



Rysunek 48. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 01.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Napływ transgraniczny jest odpowiedzialny za ponad 95% powstającego w kraju ozonu, jedynie wschodnia część kraju ma udział na poziomie 90%.

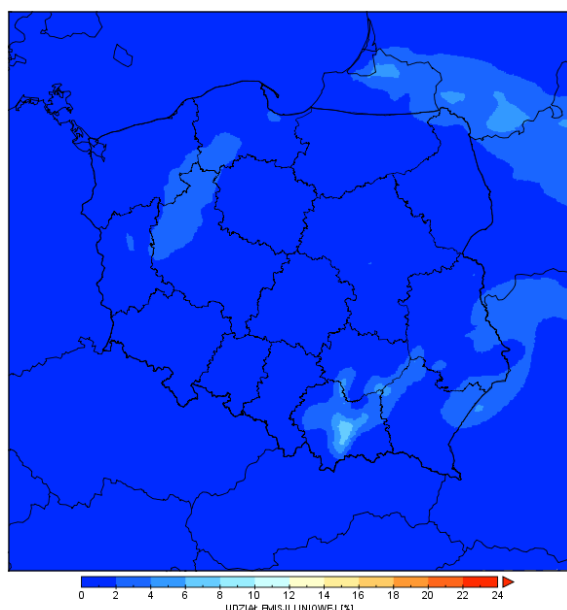
Napływ transgraniczny



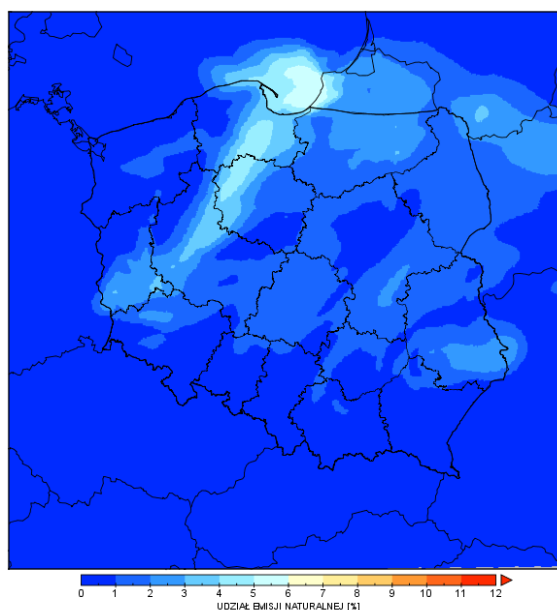
Rysunek 49. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 01.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

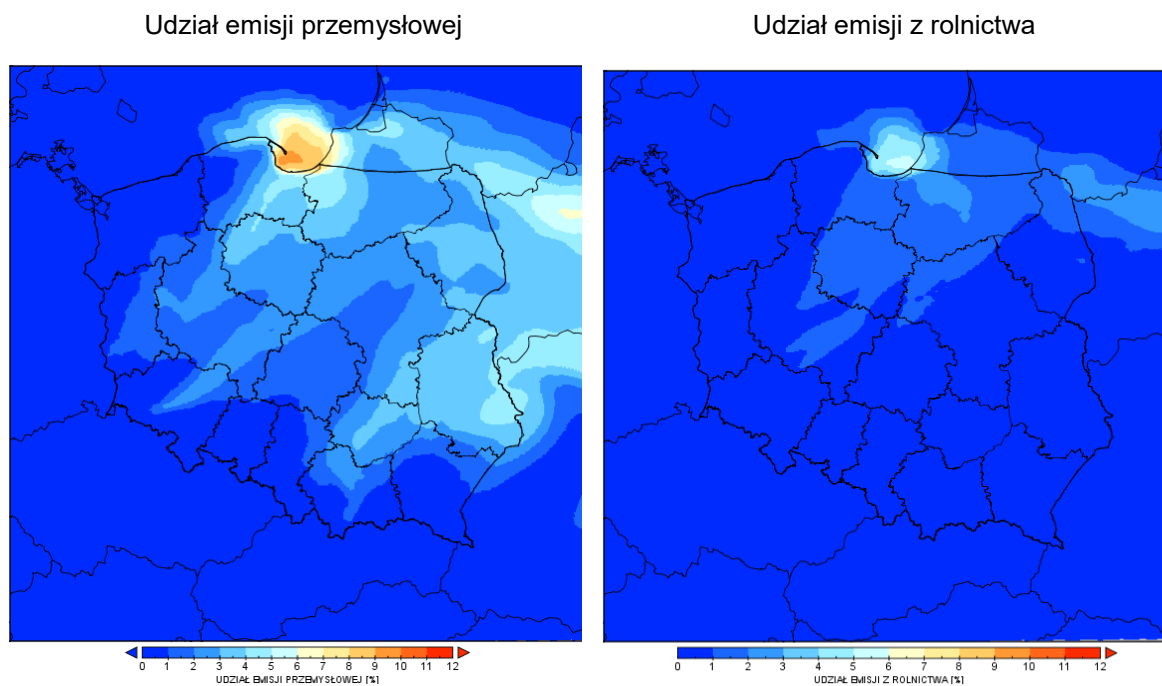
W drugim dniu epizodu udział źródeł krajowych również jest na niskim poziomie, a jedynie w województwie pomorskim widoczny jest wpływ emisji przemysłowej maksymalnie sięgający 10%. Źródła naturalne, rolnictwo i emisja liniowa nie wpływały w znaczący sposób na powstawanie ozonu w dniu 2 kwietnia 2017 r.

Udział emisji liniowej

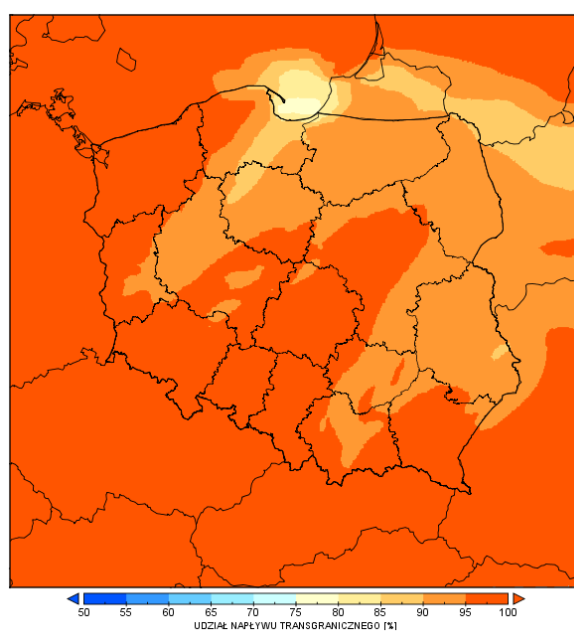


Udział emisji naturalnej





Rysunek 50. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 02.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).



Rysunek 51. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 02.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

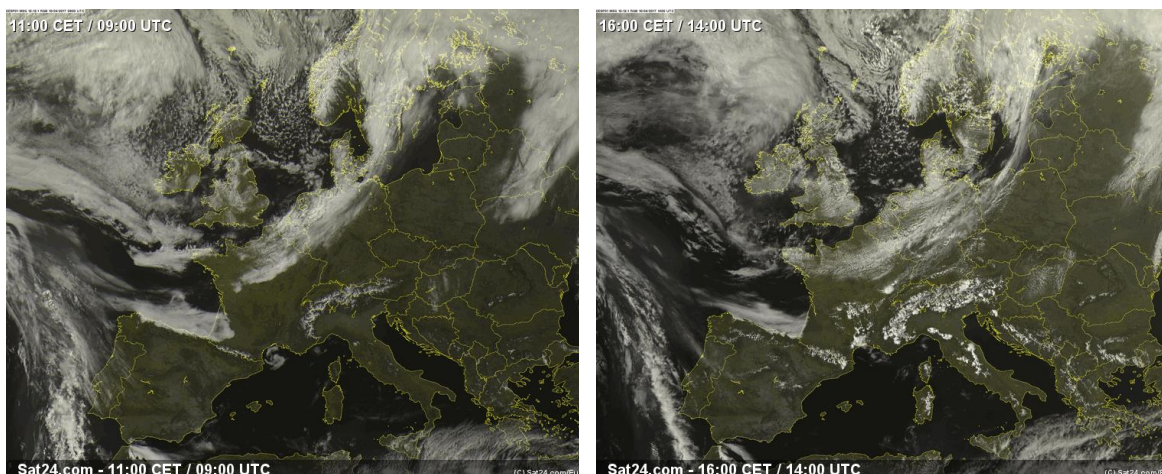
Według danych z modelowania największy udział w tworzeniu się ozonu mają źródła transgraniczne, gdzie ich udział dochodzi do 95% w województwach południowych i wschodnich.

7.3. Epizod 10 kwietnia 2017

Epizod podwyższonych stężeń ozonu 10 kwietnia miał charakter lokalny. Przekroczenia trwające 8 godzin odnotowano na jednej stacji w województwie dolnośląskim (w Jeleniej Górze). Wysokie stężenia ozonu występowały od godziny 11.00 do 18.00, z maksimum na poziomie $132,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 16.00.

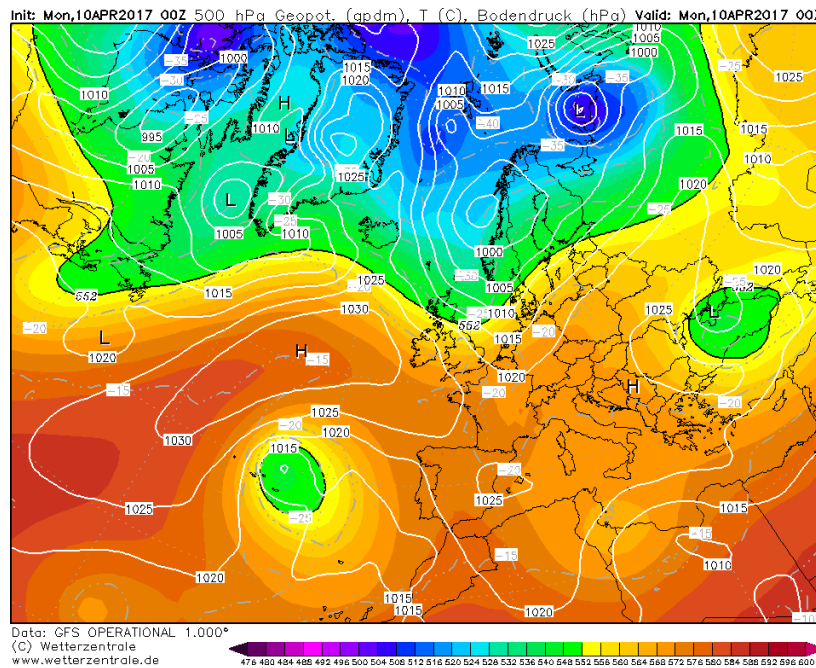
7.3.1. Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W dniu 10 kwietnia pogoda na terenie Polski kształtowała się pod wpływem dwóch silnych układów barycznych: rozległego wyżu z ośrodkiem nad Europą Południową oraz szybko przemieszczającego się niżu nad Skandynawią. Migracja aktywnego niżu przez Norwegię i Szwecję nad środkową Finlandię powodowała stopniowe wypieranie układu wysokiego ciśnienia w kierunku południowo-wschodnim. Po przejściu frontu w poprzedzającej dobie, Polska znalazła się w ciepłym wycinku niżu, w którym dominował południowy kierunek napływu mas powietrza.



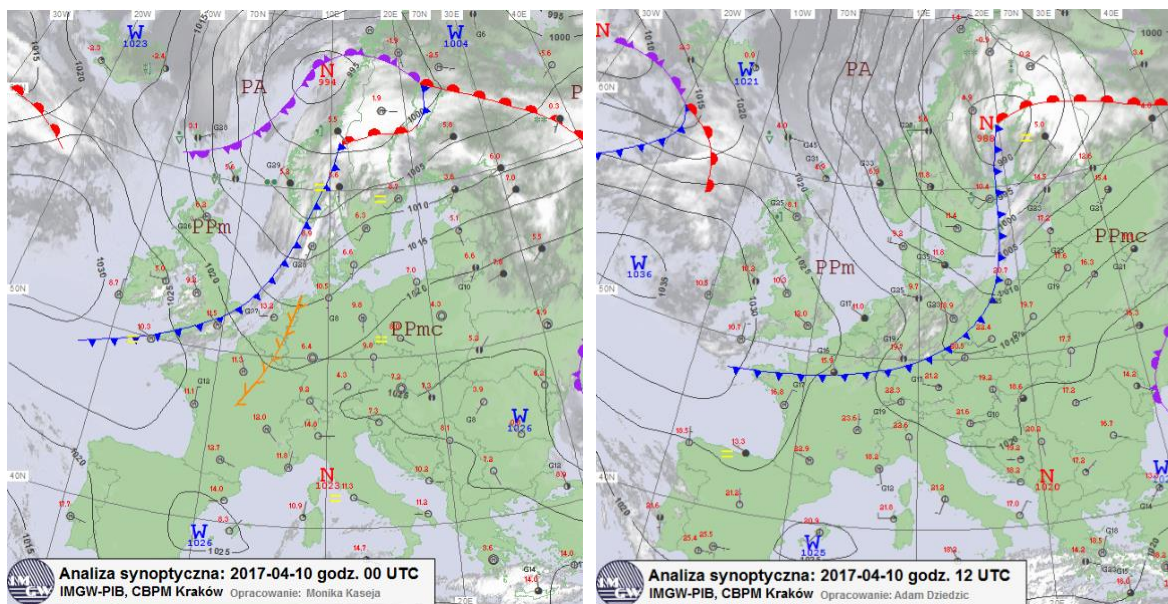
Rysunek 52. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 10 kwietnia 2017 r. (źródło: Sat24.com)

Przez większą część dnia było pogodnie, opady nie występowały. Po południu także od północnego zachodu nad Polskę zaczęła nasuwać się strefa frontu chłodnego, który w ciągu nocy przemieszczał się na wschód, przynosząc opady deszczu i burze. W chłodnym, wilgotnym powietrzu znad Morza Północnego rozwijały się chmury warstwowe i kłębiaste, przykrywając stopniowo północną i środkową część kraju kończąc tym samym epizod cieplej, słonecznej pogody sprzyjającej występowaniu podwyższonych stężeń ozonu.

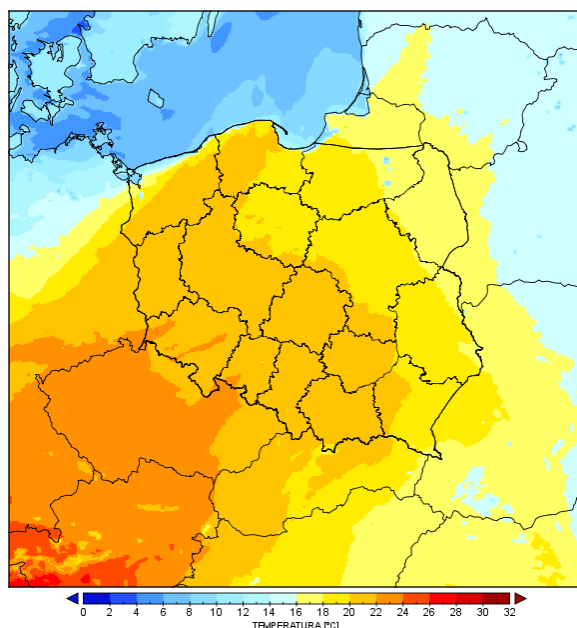


Rysunek 53. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 10.04.2017r. godz. 12:00. Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.

Polska znajdowała się w obszarze wysokiego ciśnienia znanego z Europy zachodniej oraz klinu wysokiego ciśnienia z obszaru północnej części Azji.

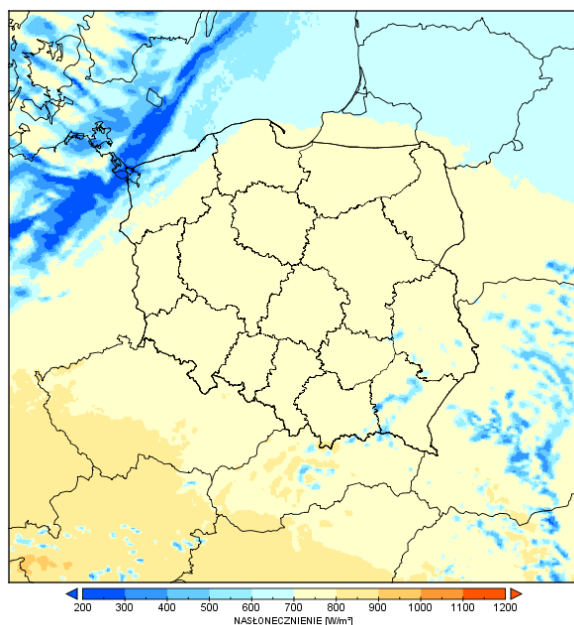


Rysunek 54. Analiza synoptyczna w dniu 10.04.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).



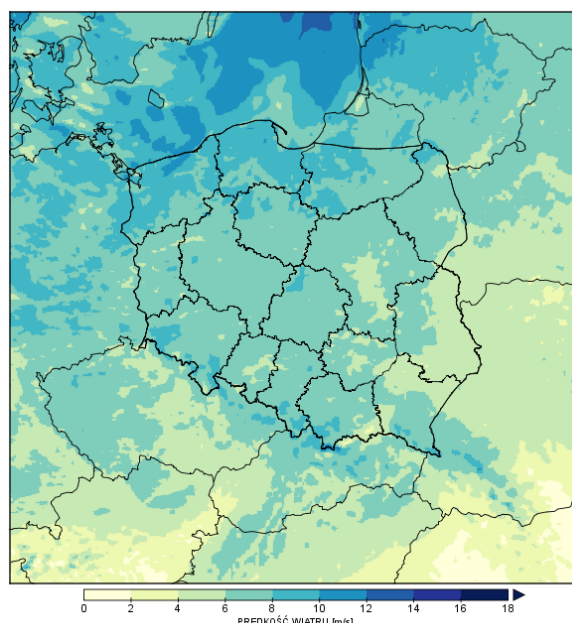
Rysunek 55. Temperatura powietrza w dn. 10.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Niemal bezchmurne niebo nad większością kraju, z lokalnie (głównie na wschodzie) występującymi chmurami kłębiastymi zapewniało silną operację słoneczną i znaczny wzrost temperatury, szczególnie na Dolnym Śląsku, gdzie w godzinach popołudniowych przekraczała ona 22°C, podczas gdy na północy dochodziła do 20°C. W dniu wystąpienia epizodu temperatura na obszarze kraju była stabilna. W południowo-zachodniej części kraju sięgała 22°C, a na północnym wschodzie dochodziła do 18°C.



Rysunek 56. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 10.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Obszar prawie całego kraju w dniu wystąpienia epizodu był pod wpływem dużego nasłonecznienia. Jedynie północno-zachodni i południowo-wschodni kraniec kraju objęte były częściowym zachmurzeniem.

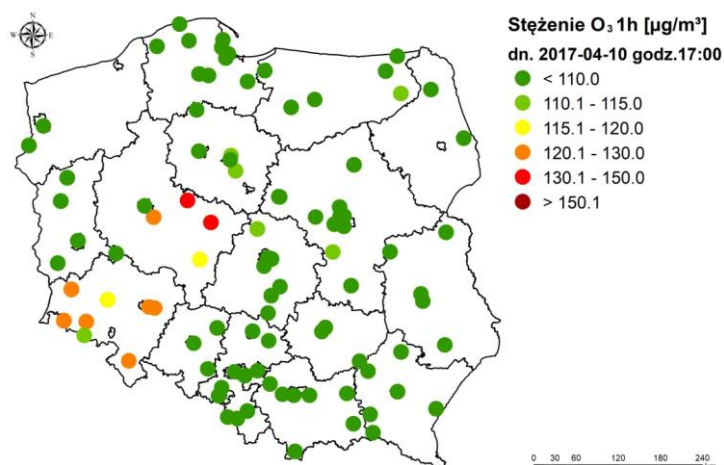


Rysunek 57. Prędkość wiatru w dn. 10.04.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Wiatr w ciągu dnia słaby zaczął narastać, zmieniając kierunek z południowego na południowo zachodni, zachodni, a następnie północno zachodni. Prędkość przepływu mas powietrza była w całym kraju dość stabilna i nie przekraczała 6 m/s. Nieco wyższe prędkości wiatru rejestrowano na Pomorzu.

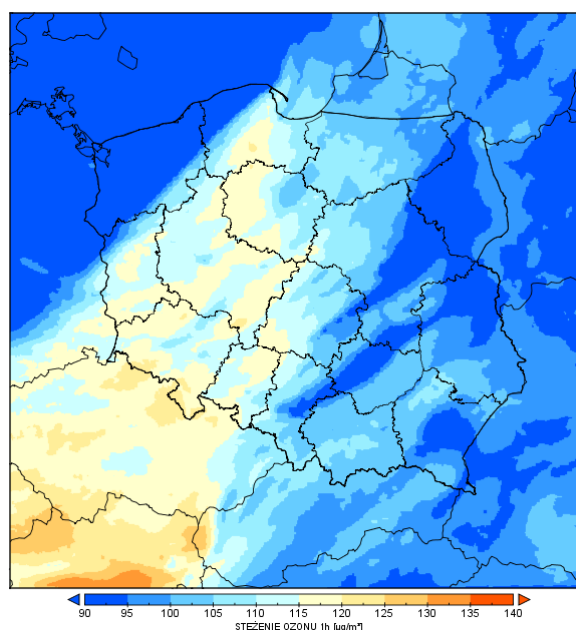
7.3.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Epizod miał charakter lokalny i w chwili największego zasięgu o godzinie 17:00 objął maksymalnie 9 stacji pomiarowych na terenie województwa dolnośląskiego i wielkopolskiego. Jednak pomimo takiego zasięgu tylko na jednej stacji trwał on przez 8 godzin nieprzerwanie. Na pozostałej części kraju stężenia nie przekroczyły $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 58. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 10 kwietnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

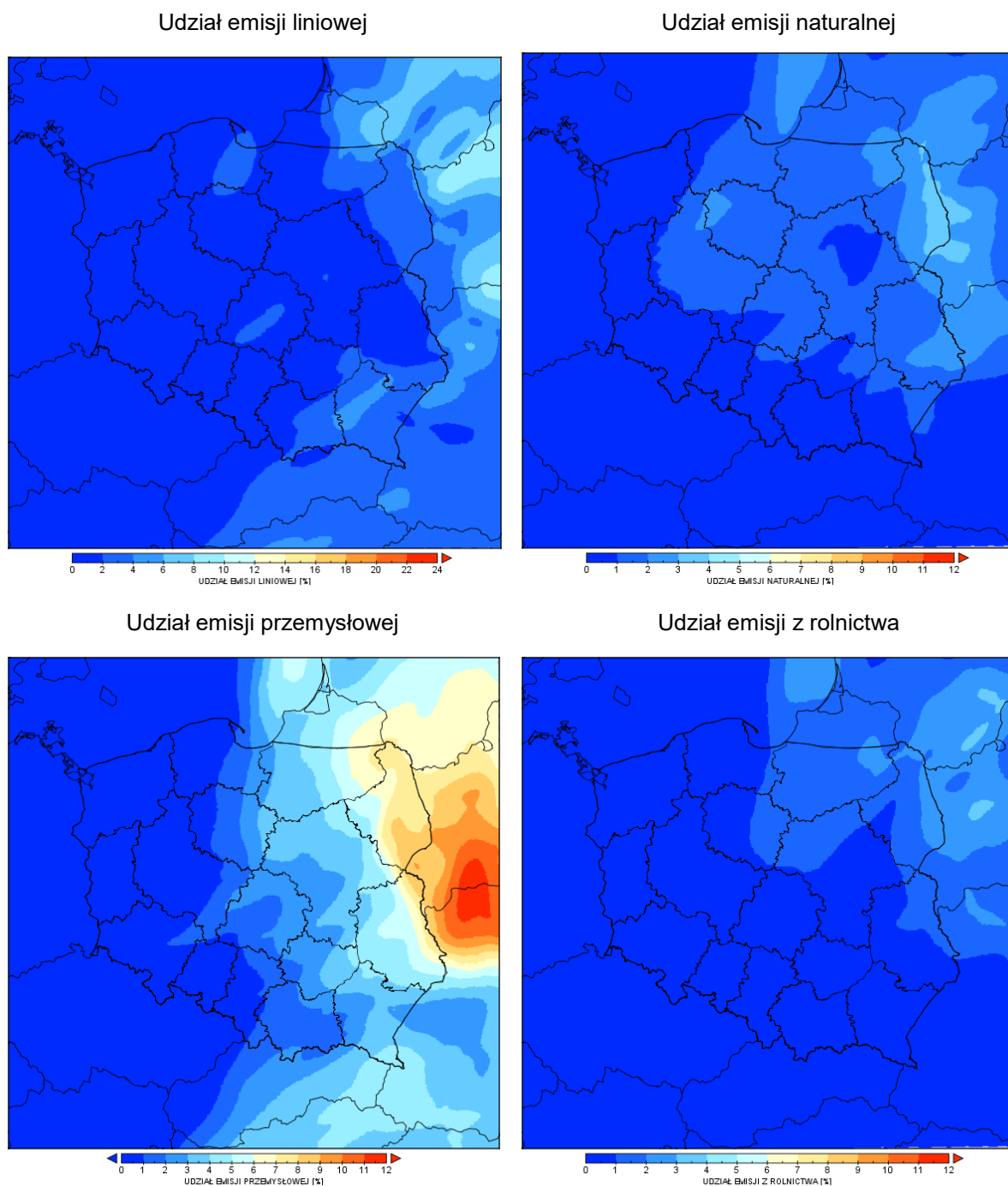
Wyniki modelowania potwierdzają występowanie wysokich stężeń ozonu w województwach dolnośląskim i wielkopolskim podobnie jak w pomiarach. Jednakże wyniki modelowania poszerzają zakres wystąpienia wysokich stężeń również na obszar województwa kujawsko-pomorskiego, lubuskiego i pomorskiego.



Rysunek 59. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 10.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

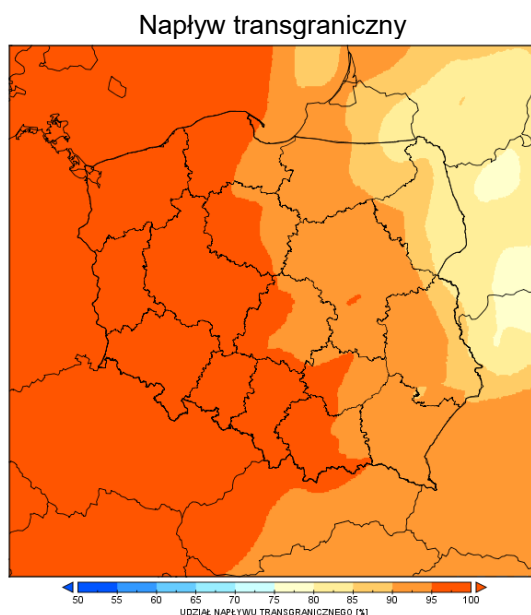
7.3.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

Analiza udziałów została wykonana dla każdego rodzaju źródeł oddzielnie, aby wskazać, które źródła przyczyniają się w największym stopniu do powstawania ozonu. Analiza wykonana została w godzinie wstąpienia największego zasięgu wysokich stężeń na stacjach pomiarowych czyli dla godziny 17:00.



Rysunek 60. Udział źródeł emisji krajowych w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 10.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła emisji krajowej nie miały znaczącego wpływu na wystąpienie epizodu wysokich stężeń. Jedynie źródła emisji przemysłowej na terenie wschodniej granicy kraju wskazują na udział na poziomie 8%. Udział pozostałych źródeł sięga maksymalnie 5%.



Rysunek 61. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 10.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Wyniki modelowania wskazują, że za wystąpienie epizodu odpowiada napływ transgraniczny, którego udział sięga 95%. Jedynie na wschodniej części kraju udział ten spada do 75%.

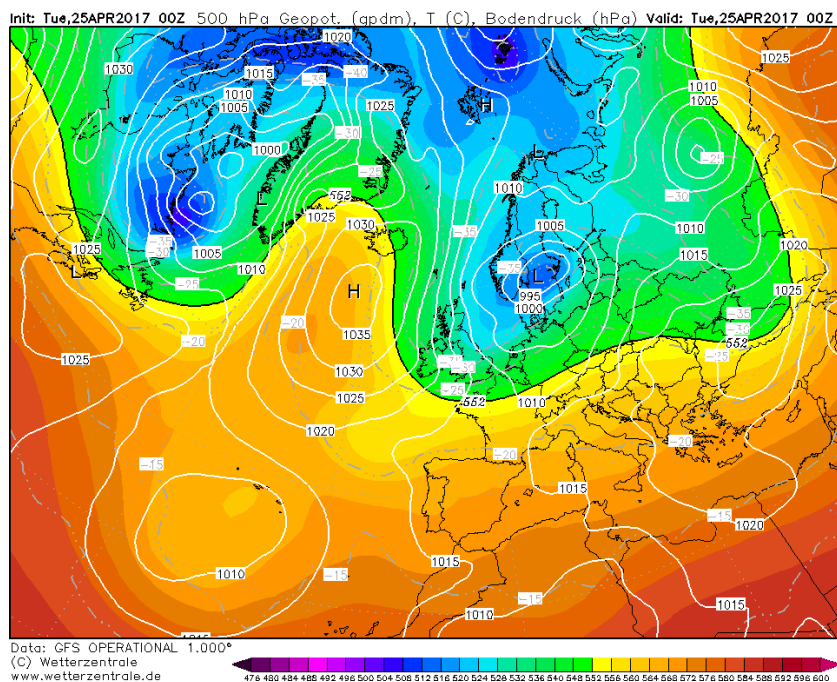
7.4. Epizod 25 kwietnia 2017

Czwarty w ciągu roku epizod również miał charakter lokalny. Stężenia ozonu przekraczające poziom $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ odnotowano w ciągu 16 kolejnych godzin na stacji w Przemyśle w województwie podkarpackim. Epizod rozpoczął się o godzinie 12.00 i trwał nieprzerwanie do godziny 3.00 dnia następnego. Najwyższe stężenie ozonu ($130,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiło między godziną 22.00 a 23.00.

7.4.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

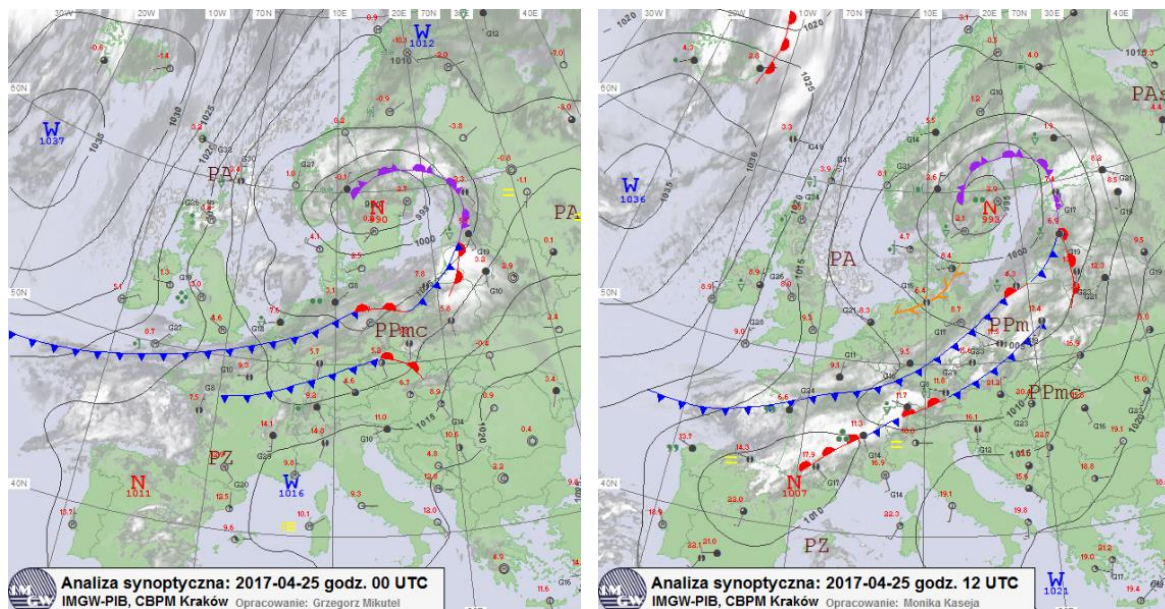
W dniu 25 kwietnia pogoda nad większością kraju była zdominowana przez oddziaływanie głębokiego układu cyklonalnego z ośrodkiem nad południową Szwecją. Niż ten, poruszając się w kierunku wschodnim z udziałem prądu strumieniowego w górnych partiach troposfery, prowadził strefę frontów atmosferycznych przebiegających nad północną częścią Polski i dalej nad północnymi Niemcami i Francją, wraz ze strefą towarzyszącego im zachmurzenia piętra średniego i niskiego, przynoszącego opady deszczu. Południowo-wschodnia część kraju, wraz ze wspomnianą stacją w Przemyśle, znalazła się pod wpływem stosunkowo wąskiego wycinka ciepłego niżu, z dominującą cyrkulacją polarno-morskich mas powietrza z południa i południowego zachodu. Nie dotarła tu jeszcze strefa zachmurzenia i w wyniku silnej radiacji w nocy obserwowano przymrozki. W ciągu dnia jednak temperatura szybko wzrastała i w południe osiągnęła około 17°C , rosnąc jeszcze

w kolejnych godzinach o 2-3 stopnie. W odróżnieniu od reszty kraju, województwo podkarpackie, aż do wieczora cieszyło się dość dużą ilością słońca, które niewątpliwie miało wpływ na obserwowane stężenia ozonu.

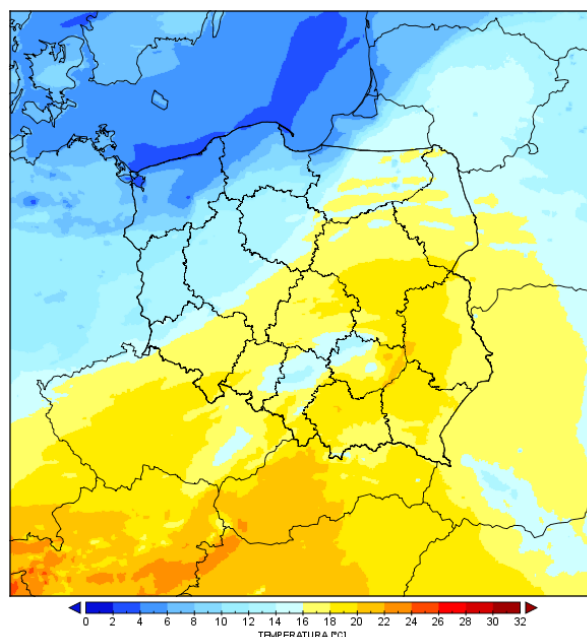


Rysunek 62. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 25.04.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.)

Polska w dniu epizodu była w strefie wpływu niżu barycznego znad Skandynawii oraz w wąskim pasie na południu strefie wpływu wyżu barycznego znad Bułgarii.

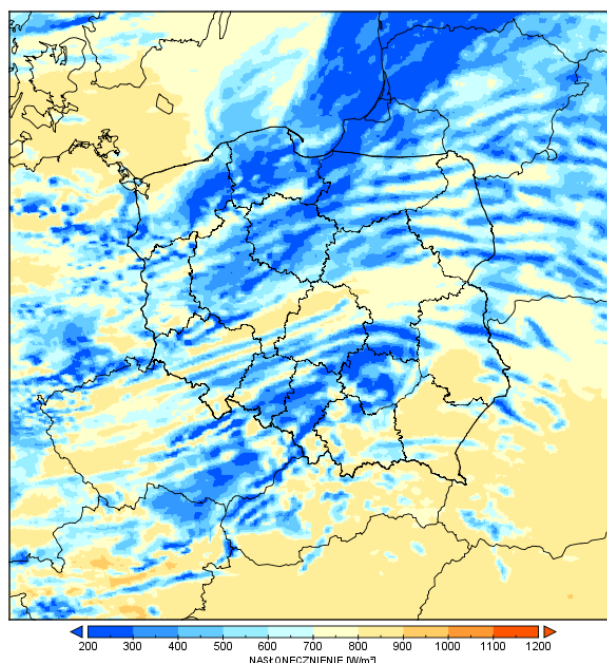


Rysunek 63. Analiza synoptyczna w dniu 25.04.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.)



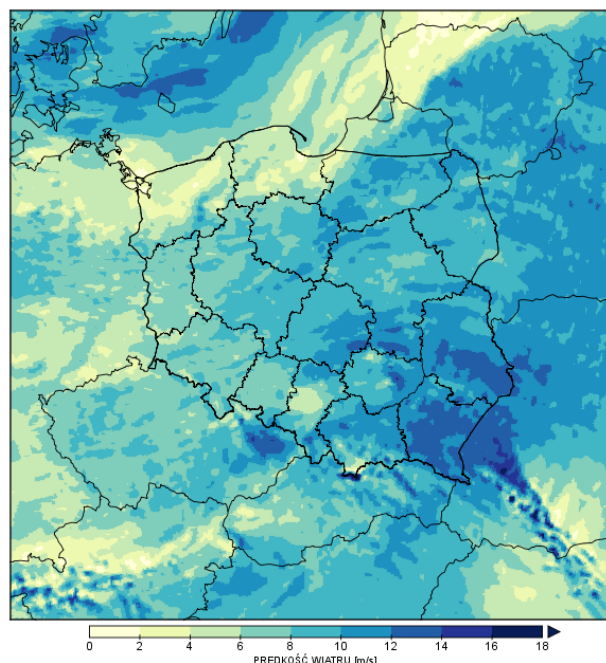
Rysunek 64. Temperatura powietrza w dn. 25.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Wyniki modelu meteorologicznego w dniu wystąpienia epizodu wskazują na podział kraju na dwie strefy: ciepłą południową oraz chłodniejszą północną. Rozkład temperatury w dniu wystąpienia epizodu wskazywał na znaczne jej zróżnicowanie w południowo-wschodniej i centralnej Polsce (do 20°C) i na Pomorzu (do 8°C). Województwo podkarpackie było w strefie wyższych temperatur aniżeli sąsiednie województwo świętokrzyskie czy śląskie.



Rysunek 65. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 25.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego największe było na Podkarpaciu oraz województwie lubelskim, w przeważającej części kraju występowały gęste pasma chmur, które kształtowały również układ temperatury w poszczególnych regionach.



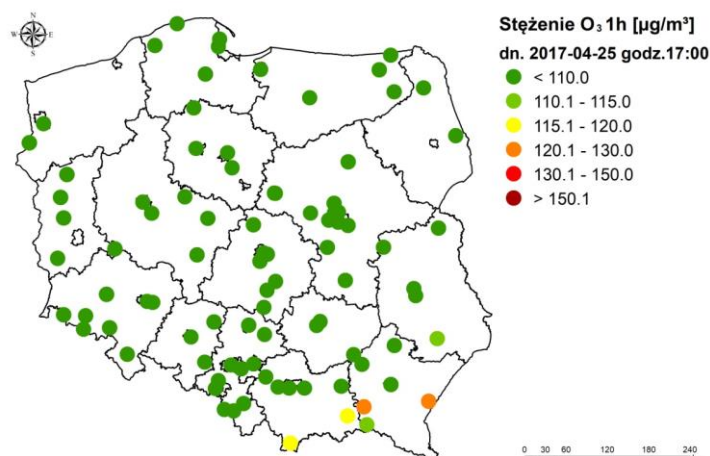
Rysunek 66. Prędkość wiatru w dn. 25.04.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Prędkość przepływu mas powietrza była duża w południowo-wschodniej części kraju (do 14 m/s), natomiast w rejonie Pomorza, gdzie występowały również znacznie niższe wartości temperatur, prędkość wiatru była mała i sięgała 4 m/s.

7.4.2 Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

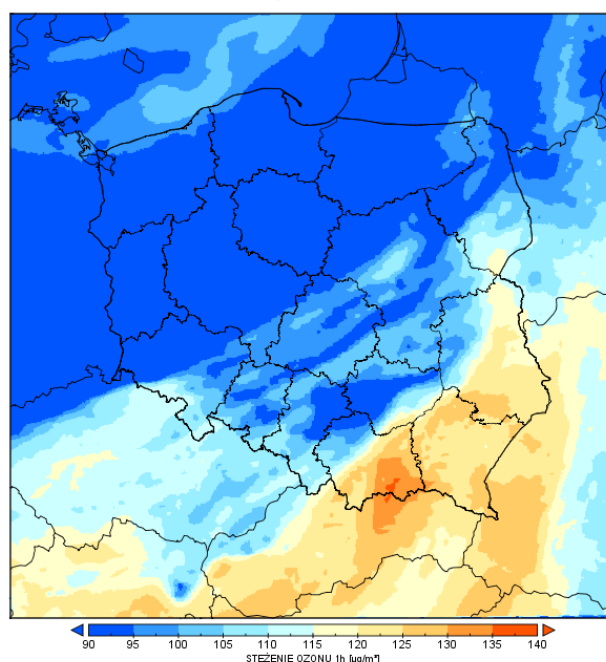
Zasięg przestrzenny epizodu był niewielki, ponieważ wystąpił on jedynie na jednej stacji w województwie podkarpackim w Przemyślu, natomiast stężenia powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tylko jeszcze w ciągu dwóch godzin na stacji w Jaśle. Godziny wystąpienia szerszego zasięgu wysokich stężeń nie pokrywają się z godziną wystąpienia najwyższego stężenia, które wyniosło $130,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i wystąpiło o godzinie 22:00.

Wyniki na poniższej mapie wskazują na stężenia ozonu na stacjach w godzinie wystąpienia największego zasięgu najwyższych stężeń czyli o godzinie 17:00. Widoczne jest raczej zrównanie stężeń na wszystkich stacjach poza województwem podkarpackim i małopolskim. Podobny poziom stężeń utrzymywał się również w pozostałych godzinach epizodu.



Rysunek 67. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 25 kwietnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

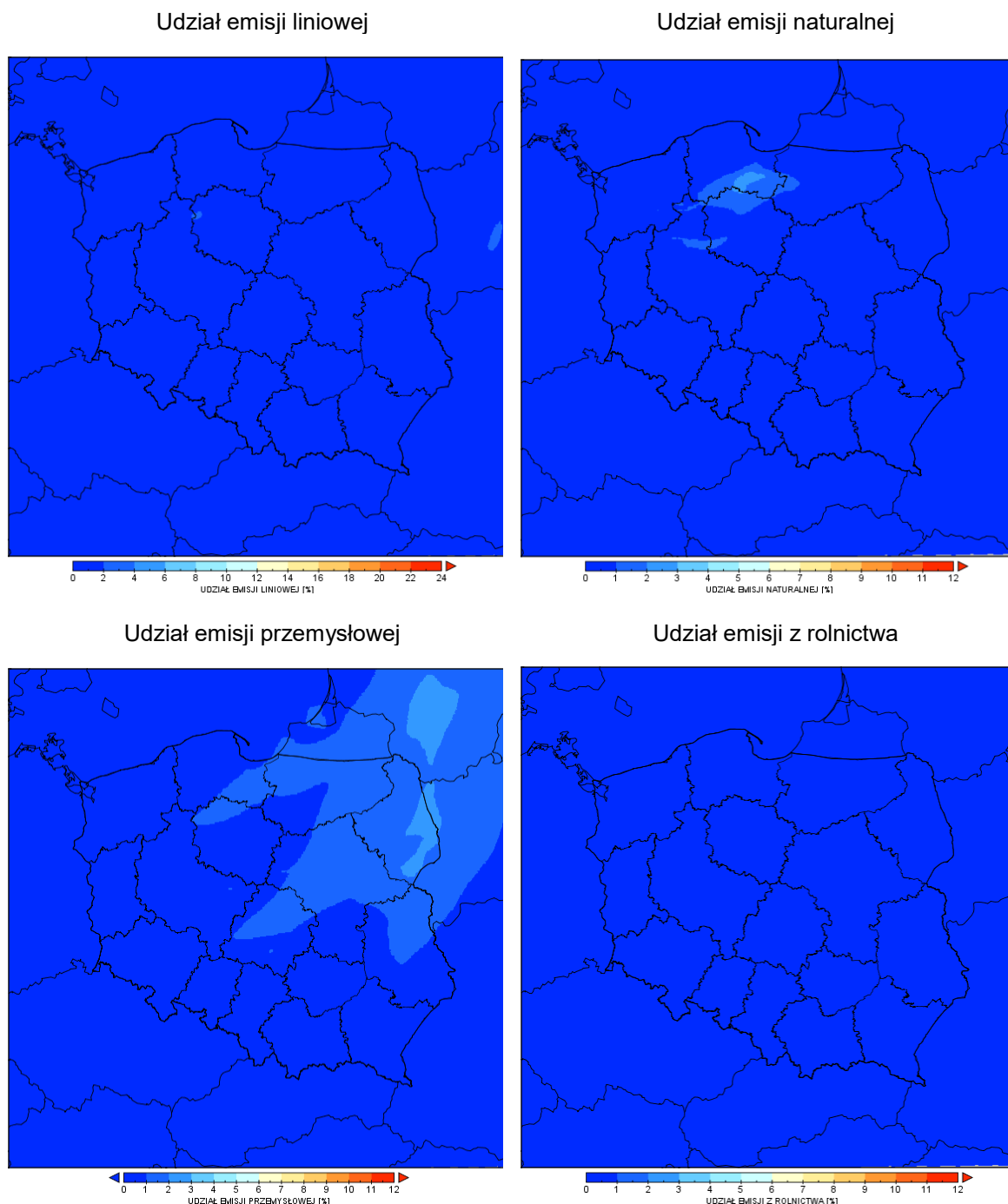
Wyniki modelowania dla godziny 17:00 również wskazują na układ stężeń zbieżny z pomiarami, gdzie obszar województwa małopolskiego i podkarpackiego to obszar podwyższonych stężeń ozonu sięgających nawet $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w powiatach województwa małopolskiego. Wyniki modelowania wskazują nieco wyższe wyniki aniżeli wskazują pomiary.



Rysunek 68. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 25.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.4.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

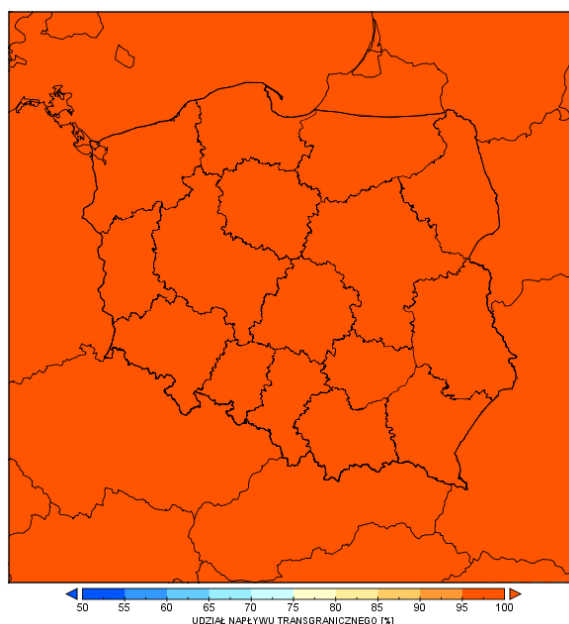
Analiza udziałów również została wykonana dla okresu godziny wystąpienia największego zasięgu występowanie wysokich stężeń w trakcie epizodu na stacjach pomiarowych.



Rysunek 69. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 25.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Na podstawie wyników modelowania określono również udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu na terenie kraju w podziale na emisje liniową z transportu, emisje przemysłową wraz ze spalaniem w sektorze komunalnym, emisję naturalną czy emisję z rolnictwa, a także udział źródeł transgranicznych. W czasie epizodu udział źródeł krajowych był znikomy i nie oddziaływał na powstawanie ozonu na terenie województwa podkarpackiego. Źródła transgraniczne wpłynęły na powstanie wysokich stężeń ozonu na stacjach w województwie podkarpackim i ich udział wyniósł powyżej 95%. Wskazuje to na specyfikę tej substancji i możliwości wpływania na jej kształtowanie na terenie kraju.

Napływ transgraniczny



Rysunek 70. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 25.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.5. Epizod 18-19 i 20 maja 2017

W odróżnieniu od dotychczasowych epizodów, wysokie stężenia ozonu w dniach 18-19 maja wystąpiły na znacznie większym obszarze kraju, nadając zdarzeniu regionalny charakter. Przekroczenia odnotowano na 16-20 stacjach w województwach dolnośląskim, lubuskim, kujawsko-pomorskim, zachodniopomorskim, pomorskim, wielkopolskim, mazowieckim, śląskim i podkarpackim. W kolejnym dniu 20 maja, liczba stacji z przekroczeniami spadła do 4, zlokalizowanych w województwach podkarpackim i mazowieckim, tym samym epizod zmienił charakter na lokalny.

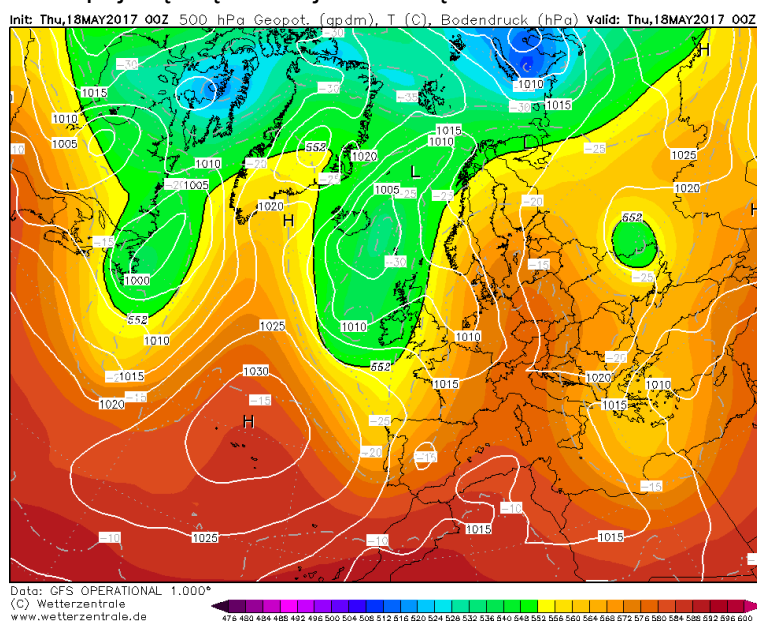
Najdłużej, bo aż 32 godziny podwyższone stężenia ozonu utrzymywały się na stacji w Czerniawie, w województwie dolnośląskim. Tam też epizod rozpoczął się już 17.05 w godzinach wieczornych. Na pozostałych stacjach długość trwania epizodu

wynosiła przeciętnie 8-10 godzin dziennie, z wyjątkiem stacji w Jeleniej Górze, gdzie czas rejestracji wysokich stężeń wynosił 12 i 14 godzin w kolejnych dniach. Najwyższe stężenia obserwowano między godziną 15:00, a 19:00 w dniu 18.05 (stężenie maksymalne na poziomie $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ odnotowano w Borach Tucholskich w województwie kujawsko-pomorskim) oraz w godzinach 12:00-19:00 w dniu 19.05 (z maksymalnym stężeniem w wysokości $159,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stacji w Katowicach).

W dniu 20.05 wysokie stężenia ozonu odnotowano o godzinie 15:00 w województwie podkarpackim (do $136,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Nisku) oraz w godzinach 17:00-19:00 w województwie mazowieckim (do $137,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Belsku).

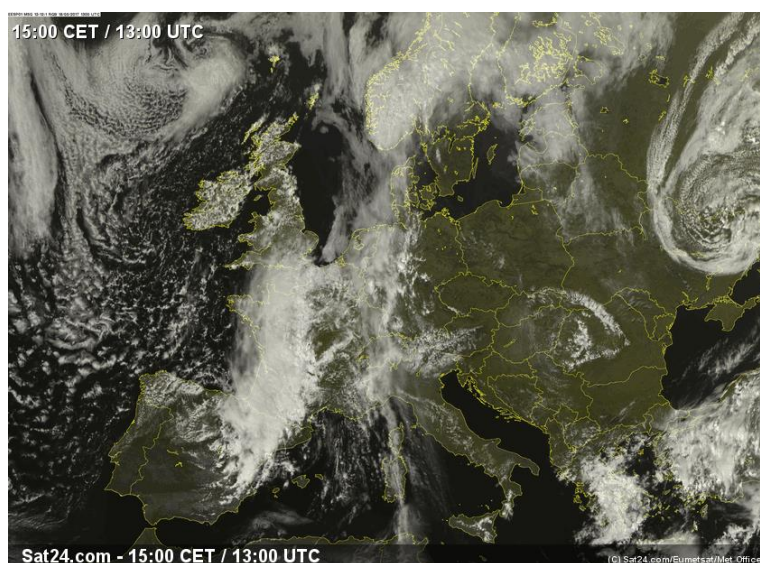
7.5.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W dniach 18-20 maja nad znaczną częścią Europy południowej i środkowej rozbudował się rozległy klin wyżowy widoczny także na mapach wyższych poziomów w atmosferze, np. geopotencjału 500 hPa i temperatury 850 hPa (w środkowej troposferze, na wysokości ok. 5,5 km). Klin ten, sięgając od Afryki Północnej, aż po Półwysp Skandynawski i Morze Białe, zablokował cyrkulację zachodnią i umożliwił dopływ gorących mas powietrza daleko na północ. Suche powietrze zwrotnikowe, migrując po jego zachodniej krawędzi, spowodowało znaczny wzrost temperatury również w Polsce. W zachodniej części kraju temperatury przekraczały 25°C . Wraz z powietrzem znad suchych obszarów Afryki północnej docierały do nas cząsteczki pyłu zabranego z obszaru źródłowego i transportowanego pod tropopauzą. Po wschodniej stronie klina, zwanego ze względu na charakterystyczny kształt układem Ω (omega), spływało chłodne powietrze arktyczne i polarno-kontynentalne, obejmujące swym oddziaływaniem europejską część Rosji i Ukrainę.

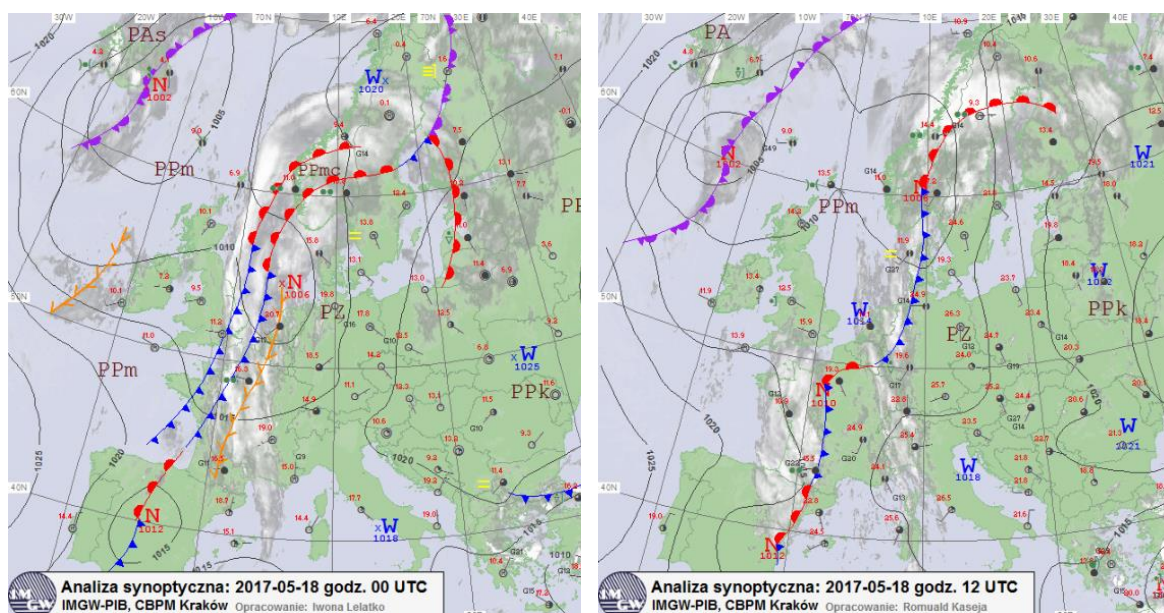


Rysunek 71. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 18.05.2017r. godz. 12:00. Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.

Poza adwekcyjnym czynnikiem wzrostu temperatury, istotne znaczenie miał również czynnik radiacyjny – nagrzewanie podłoża oraz pośrednio powietrza przez promienie słoneczne, w związku z niewielkim zachmurzeniem i ograniczoną przez inwersję z osiadania konwekcją. Towarzysząca osi klina strefa bezchmurnego nieba przez większość omawianego okresu obejmowała cały obszar naszego kraju. Jedynie na północnym wschodzie przez pewien czas utrzymywały się struktury zachmurzenia związane z południkowo ułożonym frontem ciepłym, głównie w postaci chmur piętra wysokiego Cirrus oraz chmur średnich Altocumulus, lecz bez opadów i burz. Lokalnie wyrwane z systemu zachmurzenia tego frontu Cirrusy przesuwały się znad środkowej części kraju na południe ulegając stopniowemu zanikowi.

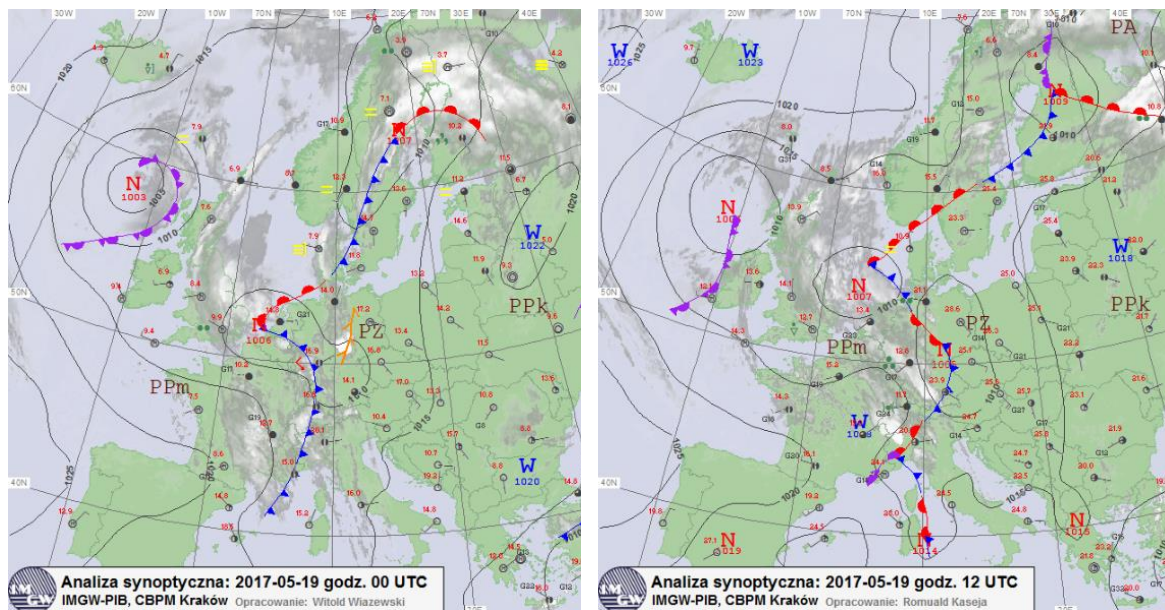


Rysunek 72. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 18 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com)

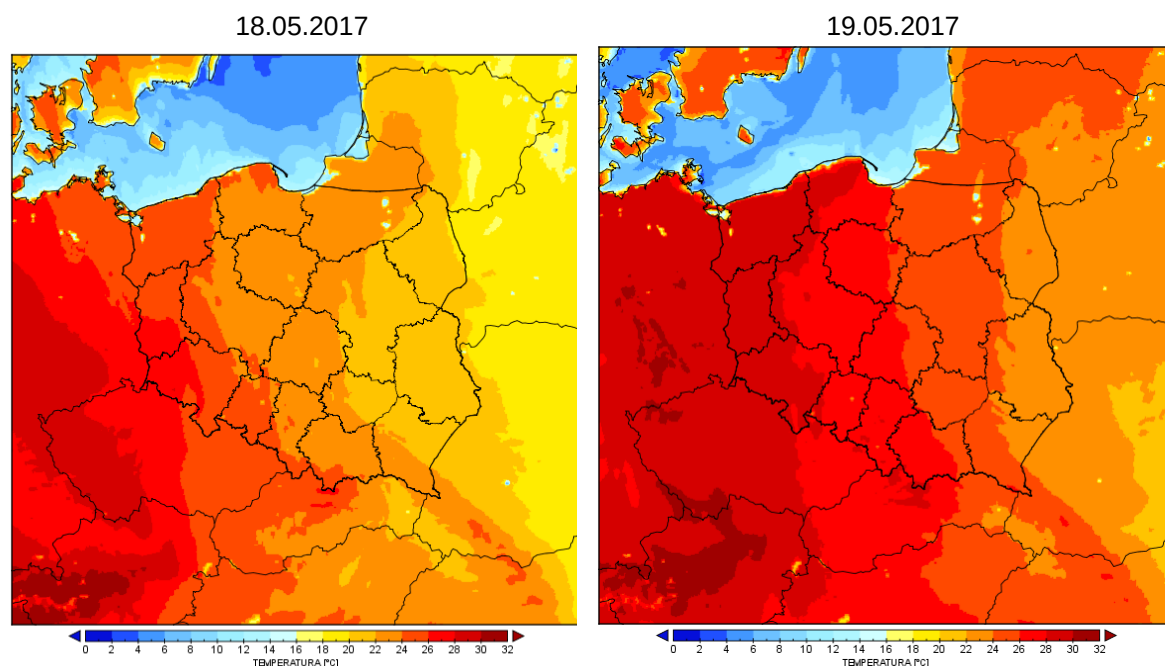


Rysunek 73. Analiza synoptyczna w dniu 18.05.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

Na zachód od Polski zalegał w tym czasie ulegający stopniowo zafalowaniu front chłodny, rozciągający się od zachodnich akwenów Morza Śródziemnego aż po Morze Północne i południowe akweny Morza Norweskiego, a dalej na wschód po środkową Skandynawię, niosąc ze sobą kolejny system zachmurzenia frontowego. Stopniowe wypychanie frontu przez ciepłe powietrze płynące w kierunku północnym, doprowadziło do przejścia z fazy fali frontowej do stadium młodego niżu przemieszczającego się 18 maja znad Morza Północnego nad południową Norwegię, podczas gdy kolejne niży tworzyły się nad Hiszpanią i przemieszczały się na północy wschód.

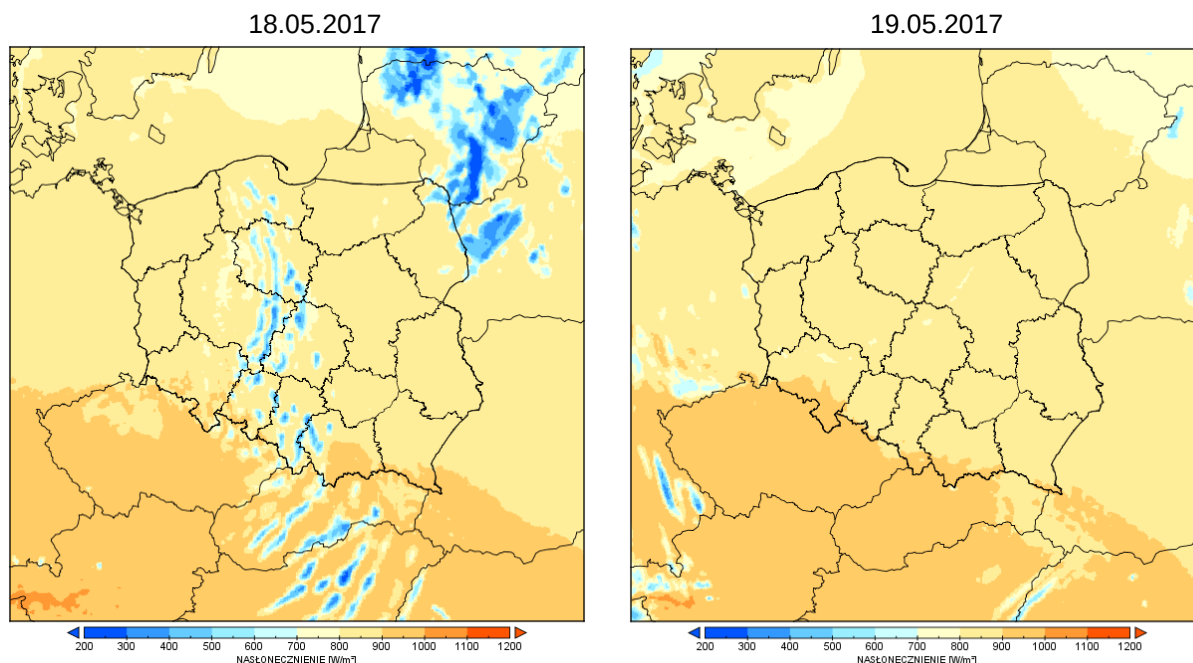


Rysunek 74. Analiza synoptyczna w dniu 19.05.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).



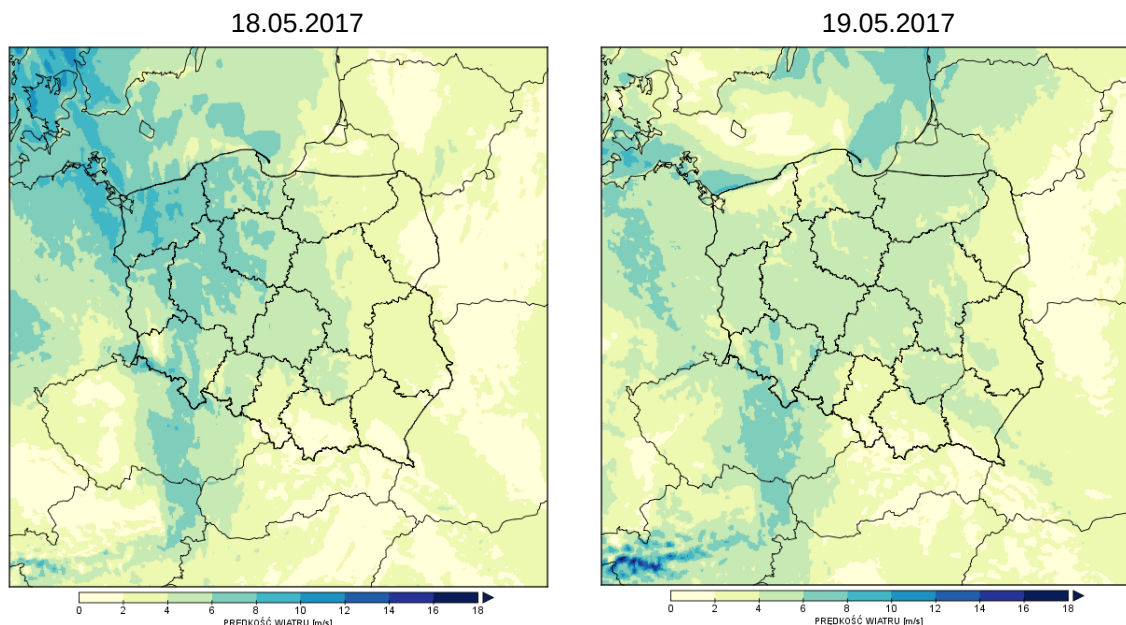
Rysunek 75. Temperatura powietrza w dn. 18-19.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)

W czasie epizodu następował wyraźny napływ gorącego powietrza z zachodu nad Polskę. W pierwszym dniu epizodu najwyższe wartości temperatur do 26°C wystąpiły tylko na zachodnim krańcu kraju. W drugim dniu występowania epizodu, ciepłe masy powietrza przesuwały się ku wschodowi. Wówczas cała Polska znajdowała się w zasięgu wysokich temperatur dochodzących do 30°C na zachodzie.



Rysunek 76. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 18-19.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF.
Źródło: opracowanie własne.

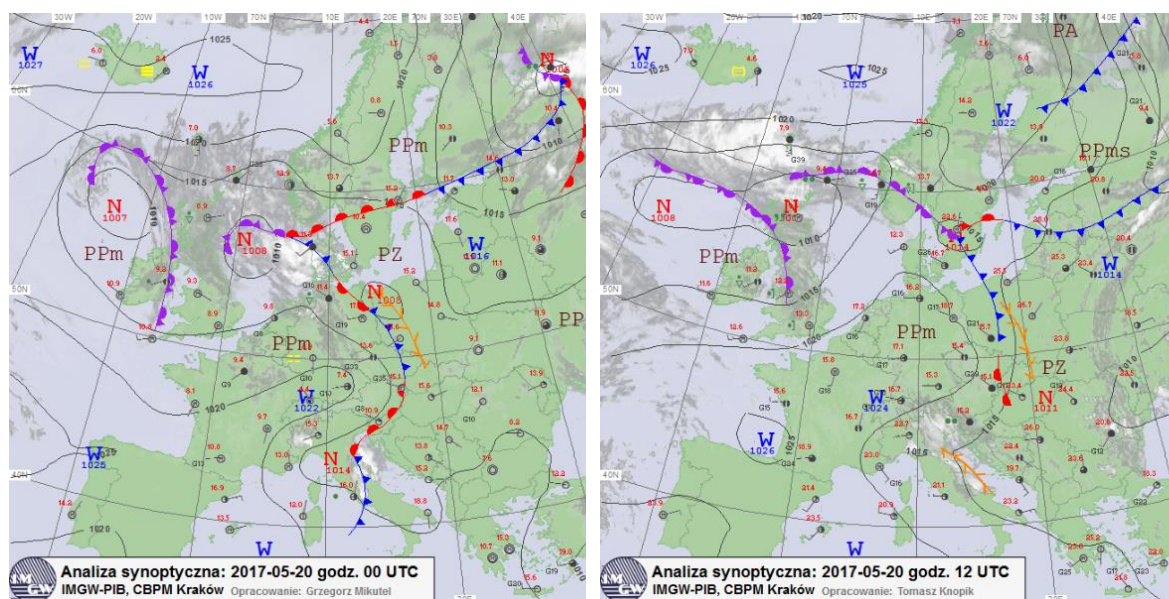
Cały obszar kraju był pod wpływem silnego promieniowania słonecznego w czasie trwania epizodu. Jedynie w pierwszym dniu występowania epizodu widoczne były pasma chmur rozciągające się nad województwami opolskim, śląskim, wielkopolskim, częściowo łódzkim, i kujawsko-pomorskim. W drugim dniu epizody najsilniejsze nasłonecznienie było nad województwem małopolskim, dolnośląskim i śląskim.



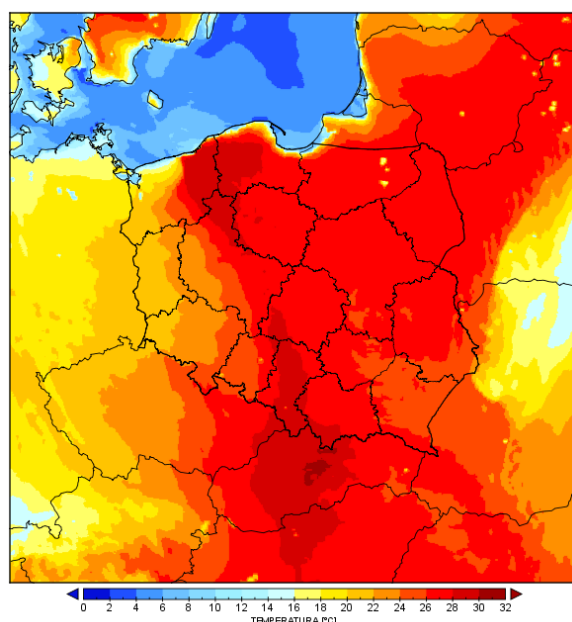
Rysunek 77. Prędkość wiatru w dn. 18-19.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)

Prędkość przepływu mas powietrza w pierwszym dniu epizodu była wyższa w północno-zachodnich województwach na wschodzie i południu występowały niewielkie ruchy mas powietrza maksymalnie do 4 m/s co stanowiło o ciszy wiatrowej. W drugim dniu epizodu w całym kraju prędkość przepływu mas powietrza była stabilna i na przeważającej części kraju nie przekraczała 4 m/s.

Z biegiem czasu wał wyżowy nad Polską ustępował pola zatoce niżowej z zafalowanym frontem chłodnym, który w nocy z 19 na 20 maja zaczął wkraczać na zachodnie obrzeża kraju, postępując na północny wschód. W południe front poprzedzany przez strefę konwergencji dotarł do linii: Koszalin – Zakopane. Przechodzeniu frontu towarzyszyło zwiększanie się gradientu barycznego, wzrost prędkości i zmiana kierunku wiatru z południowego wschodu na północno zachodni oraz umiarkowane i duże zachmurzenie z opadami przelotnymi i burzami. Za frontem do Polski zaczęło napływać chłodne powietrze polarno-morskie, którego temperatura dochodziła do 16 – 18°C. W środkowej wschodniej Polsce zachmurzenie było początkowo małe, ale w ciągu dnia i nocą wzrosło do dużego z możliwością opadów przelotnych i burz. Temperatura w tej części kraju sięgała 25 -28°C. Tam też, w woj. mazowieckim i podkarpackim, wystąpiły w tym dniu lokalne przekroczenia wartości kryterialnej ozonu.

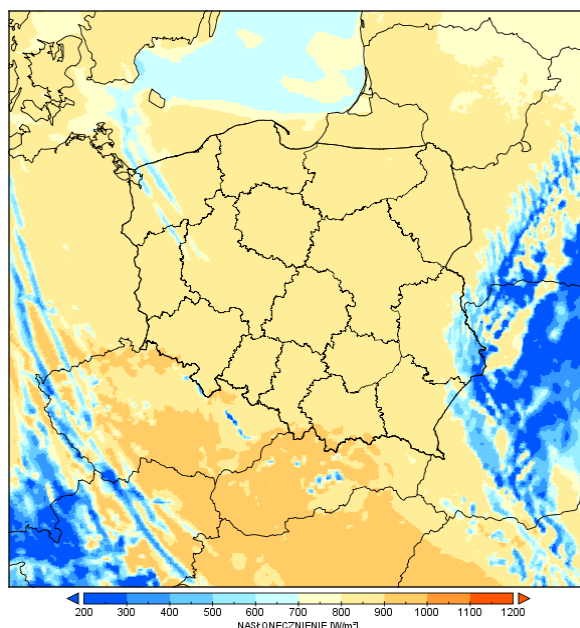


Rysunek 78. Analiza synoptyczna w dniu 20.05.2017 r. (Źródło: IMGW-PIB, CBPM Kraków).



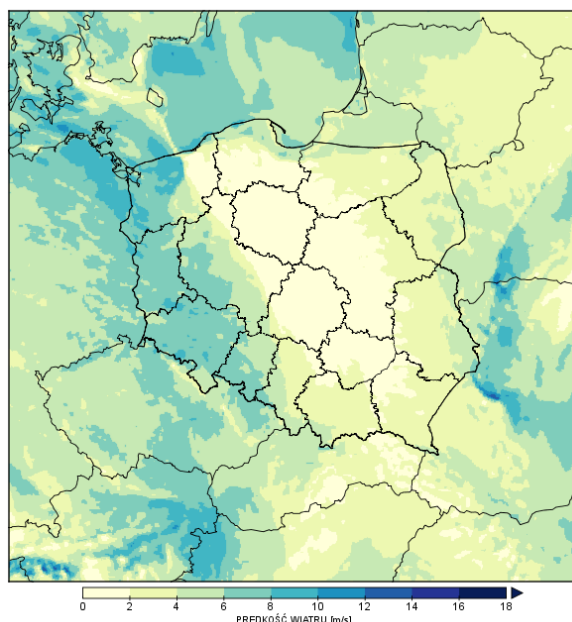
Rysunek 79. Temperatura powietrza w dn. 20.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

W ostatnim dniu epizodu wyraźne było przesunięcie ku wschodowi gorących mas powietrza i wówczas na zachodnich krańcach kraju temperatura otoczenia była najniższa (maksymalnie do 22°C). W przeważającej części kraju jednak jeszcze utrzymywały się wysokie temperatury otoczenia.



Rysunek 80. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 20.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).

Natężenie promieniowania słonecznego było duże w całym kraju za wyjątkiem wschodnich krańców województwa lubelskiego, gdzie wystąpiło małe zachmurzenie, a także części województwa zachodniopomorskiego, gdzie widoczny był pas zachmurzenia znad morza.



Rysunek 81. Prędkość wiatru w dn. 20.05.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

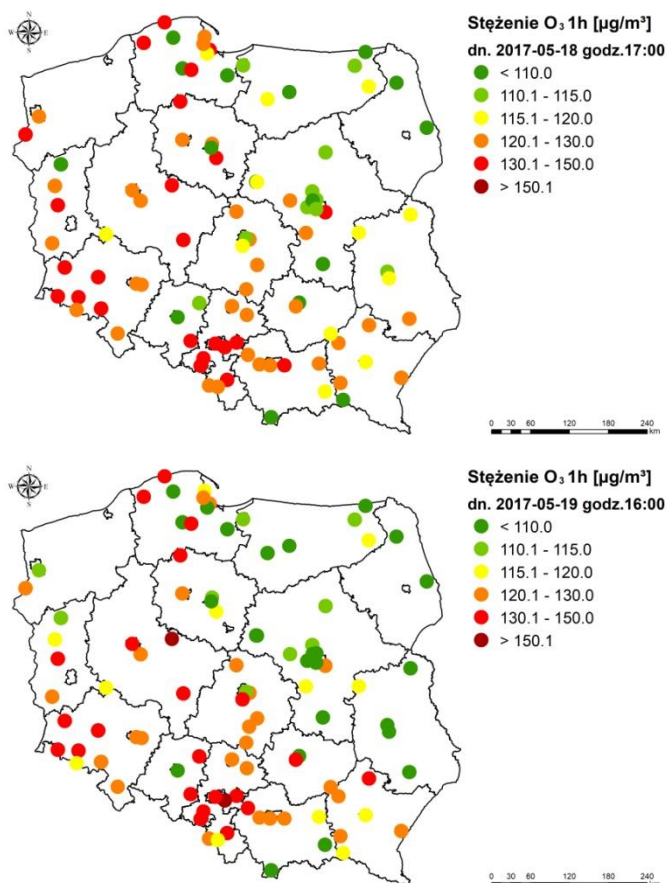
Prędkość przepływu mas powietrza była niestabilna. W centralnej części kraju przepływ powietrza był znikomy co stanowi o wystąpieniu ciszy wiatrowej. Na zachodzie natomiast występowały przepływy mas powietrza dochodzące miejscami do 10 m/s.

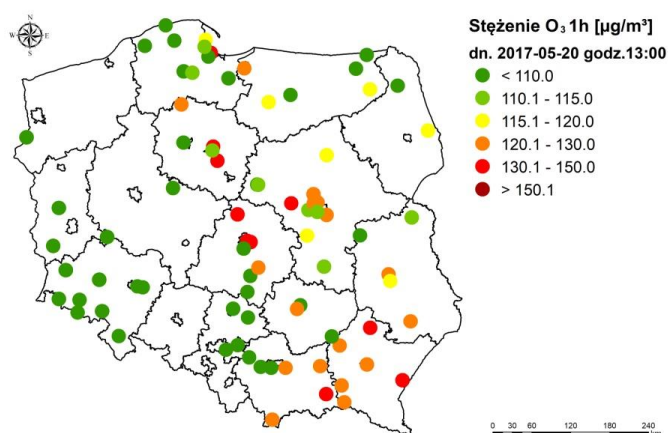
7.5.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Analiza poziomu stężeń ozonu objęła zarówno wyniki pomiarów, jak i wyniki modelowania. Obszar największego zasięgu ujęty został dla godziny, w której na największej liczbie stacji odnotowano stężenia ozonu powyżej wartości $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W pierwszym dniu epizodu maksymalnie jednocześnie na 58 stacjach wystąpiły stężenia powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ co świadczy o bardzo rozległym obszarze wysokiej zawartości ozonu w atmosferze. Najwięcej wysokich pomiarów odnotowano w województwach dolnośląskim, śląskim, pomorskim, wielkopolskim i małopolskim.

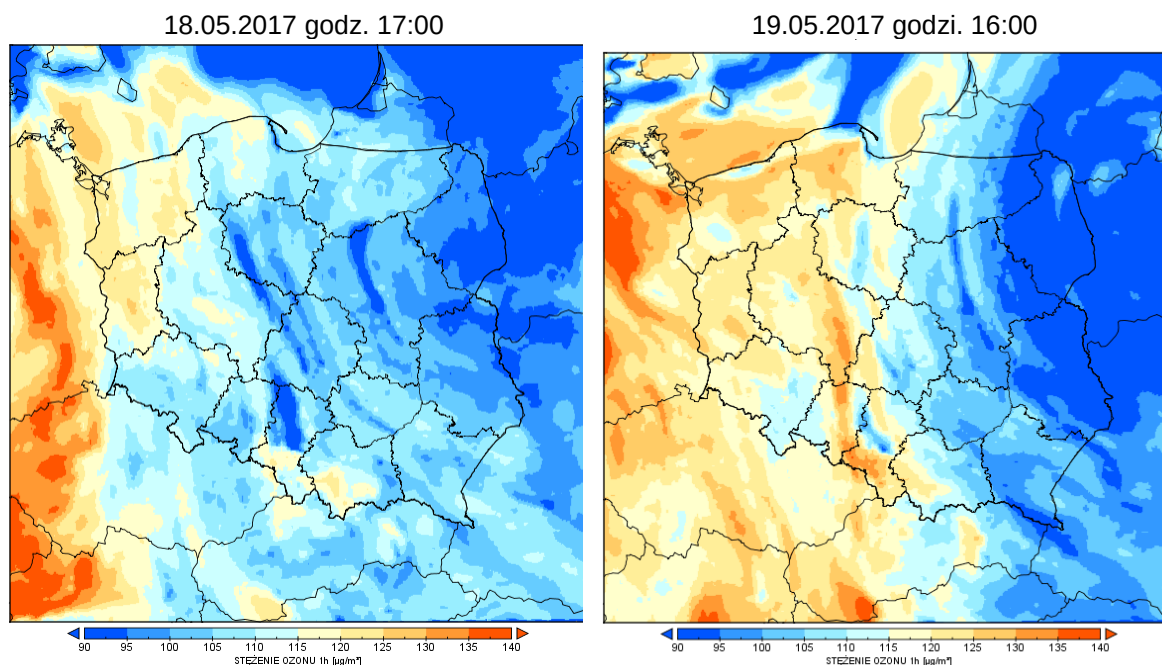
W drugim dniu epizodu sytuacja niewiele się zmieniła i również na 50 stacjach jednocześnie występowały wysokie stężenia ozonu. Nieco zmniejszyły się wysokości stężeń na terenie województwa lubelskiego i mazowieckiego. Warunki meteorologiczne w znaczny sposób wpływały na występowanie ozonu poprzez wysoką temperaturę i nasłonecznienie.

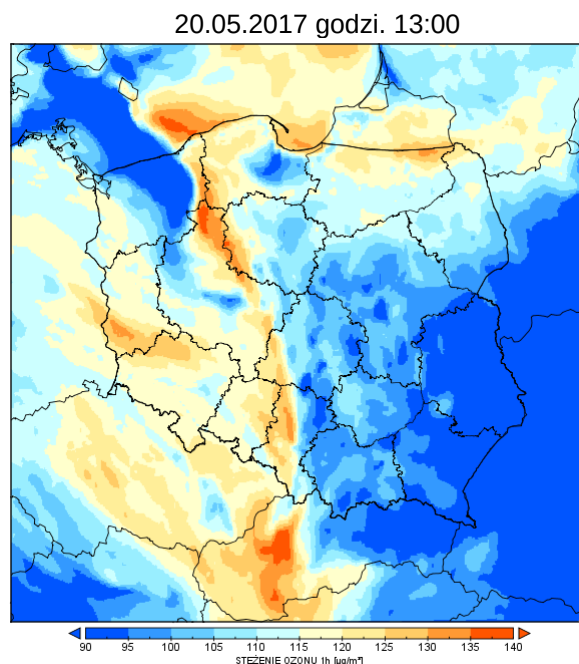




Rysunek 82. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniach 18, 19 i 20 maja 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMS).

Trzeciego dnia epizodu największy zasięg obejmował wysokie stężenia ozonu na 28 stacjach jednocześnie, ale jedynie na 4 trwał on nieprzerwanie przez ponad 8 godzin. Najdłużej wysokie stężenia występowały na stacji w Otwocku w województwie mazowieckim i Nisko w województwie podkarpackim. Znacznie zmalały stężenia w całej zachodniej części kraju a pozostały jedynie wysokie we wschodniej połowie szczególnie w województwie podkarpackim, małopolskim, lubelskim i mazowieckim.





Rysunek 83. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 18, 19 i 20.05.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Wyniki modelowania dla skali kraju dla dni w których wystąpił epizod nie odzwierciedlają rozkładu stężeń występującego w pomiarach. W pierwszym dniu epizodu wyniki modelowania wskazują na niedoszacowanie wielkości na terenie praktycznie całego kraju. Tylko na terenie województwa lubuskiego i zachodniopomorskiego przekraczają wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W drugim dniu epizodu wartości stężeń są wyższe na terenie zachodniej Polski, natomiast cała część wschodnia wykazuje niedoszacowanie wartości stężeń. Zgadzają się jednak obszary występowania najwyższych stężeń w województwie śląskim, łódzkim i wielkopolskim.

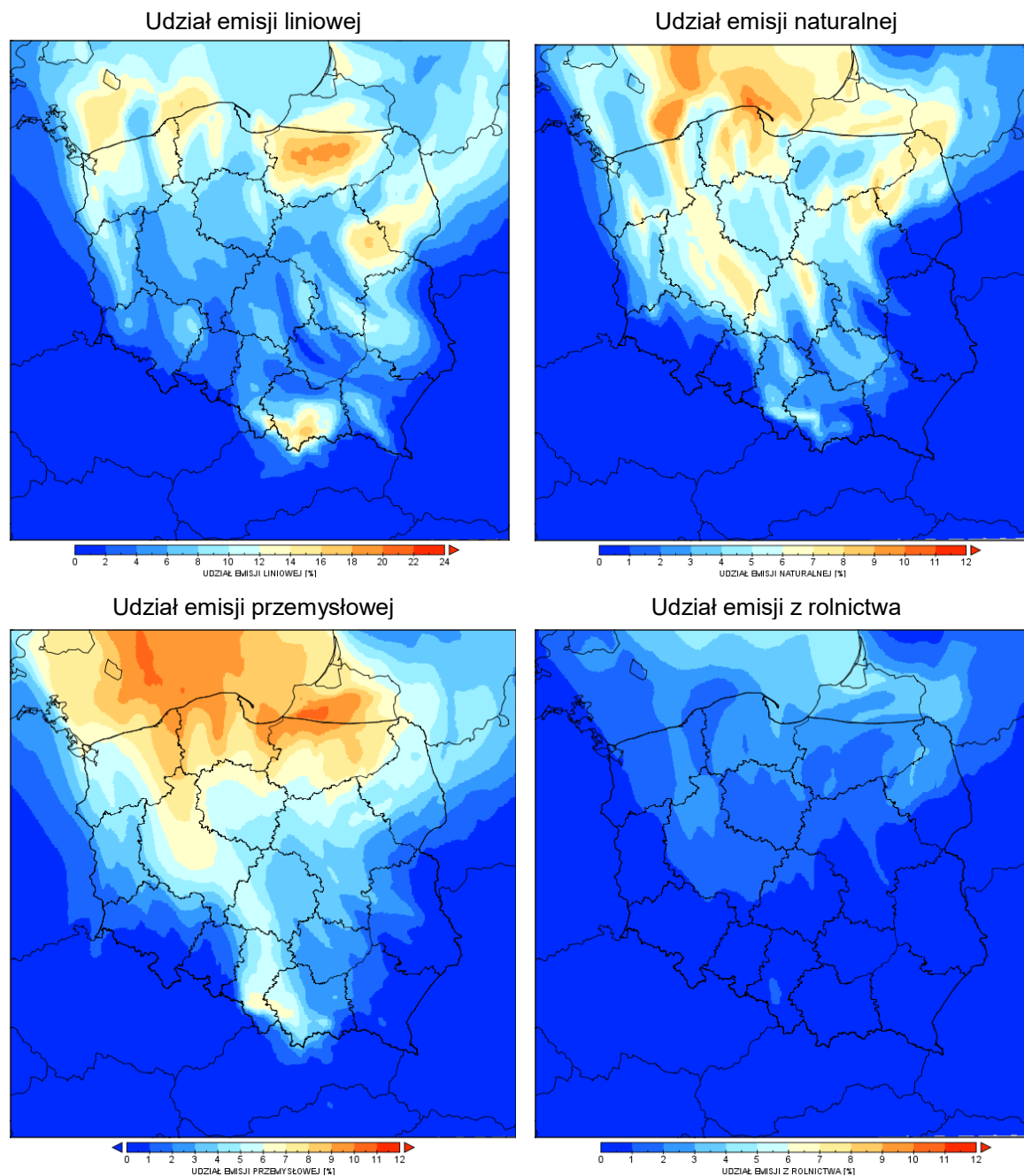
Podobnie wygląda sytuacja dla trzeciego dnia, gdzie wysokie stężenia ozonu w modelowaniu wskazane zostały w części centralnej kraju, natomiast w pomiarach jest to wschodnia strona kraju. Województwa podkarpackie i mazowieckie mają zaniżone wartości stężeń w modelowaniu, natomiast województw wielkopolskie i dolnośląskie mają wartości przeszacowane.

7.5.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

W celu wskazania źródeł odpowiedzialnych za występowanie wysokich stężeń ozonu przeprowadzono analizę z wykorzystaniem wyników modelowania z modulem OSAT. Analiza objęła godzinę z maksymalnym zasięgiem występowania wysokich stężeń z pomiarów danego dnia epizodu.

Udział źródeł krajowych w stężeniach ozonu w czasie pierwszego dnia epizodu wskazuje na udział źródeł liniowych w województwie mazowieckim i warmińsko-mazurskim na poziomie nawet do 20%, a także w województwie małopolskim. Udział źródeł naturalnych dochodzi do 10% w centralnej części kraju, natomiast udział źródeł z rolnictwa jest znikomy i nie ma wpływu na jakość powietrza w zakresie ozonu.

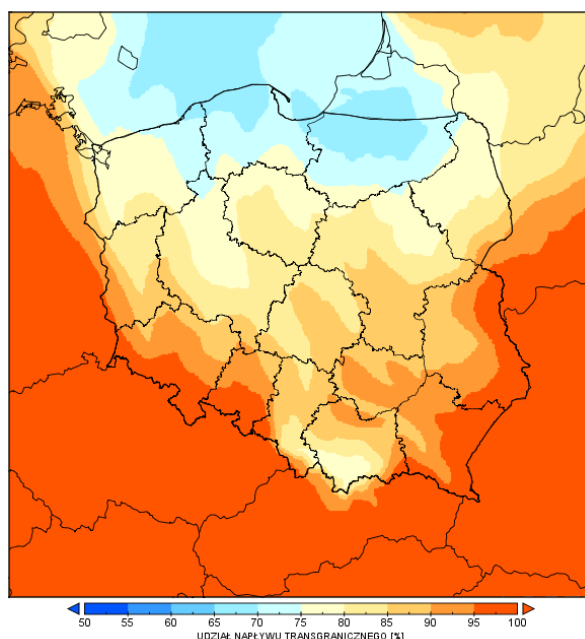
Źródła przemysłowe mają udział do 10% w południowej części kraju w województwach pomorskim, zachodniopomorskim i warmińsko-mazurskim.



Rysunek 84. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 18.05.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Wpływ źródeł emisji transgranicznej na kształtowanie się ozonu na terenie kraju rośnie w kierunku południowym, co oznacza, iż na południu udział sięga 95%, natomiast w województwach nadmorskich udział tych źródeł wynosi od 65 do 75%.

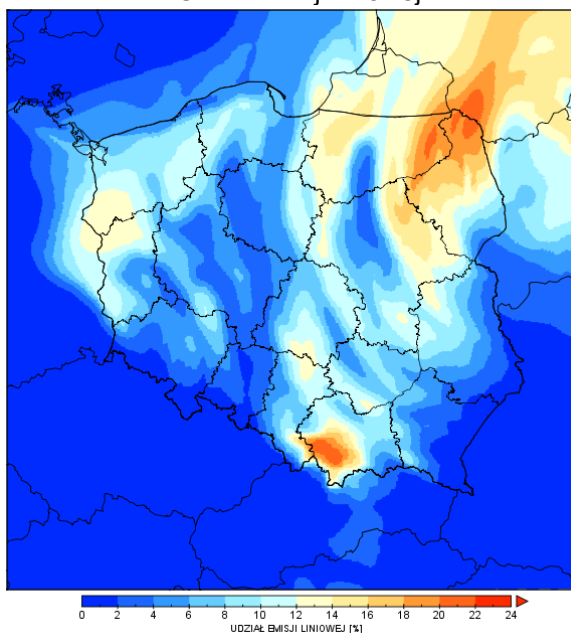
Napływ transgraniczny



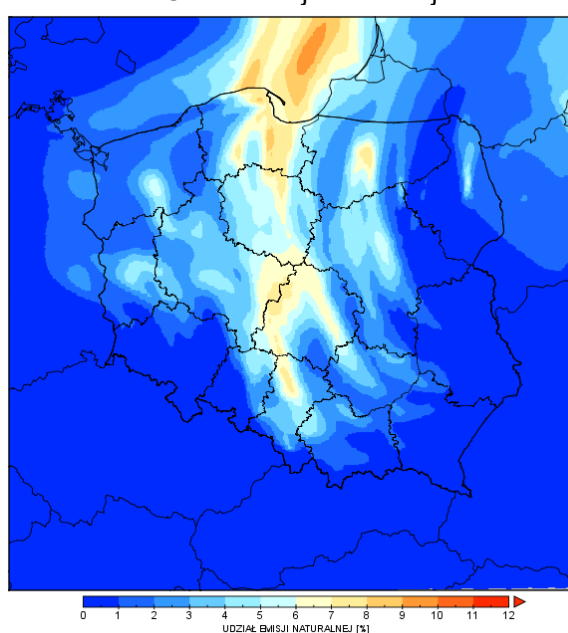
Rysunek 85. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 18.05.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

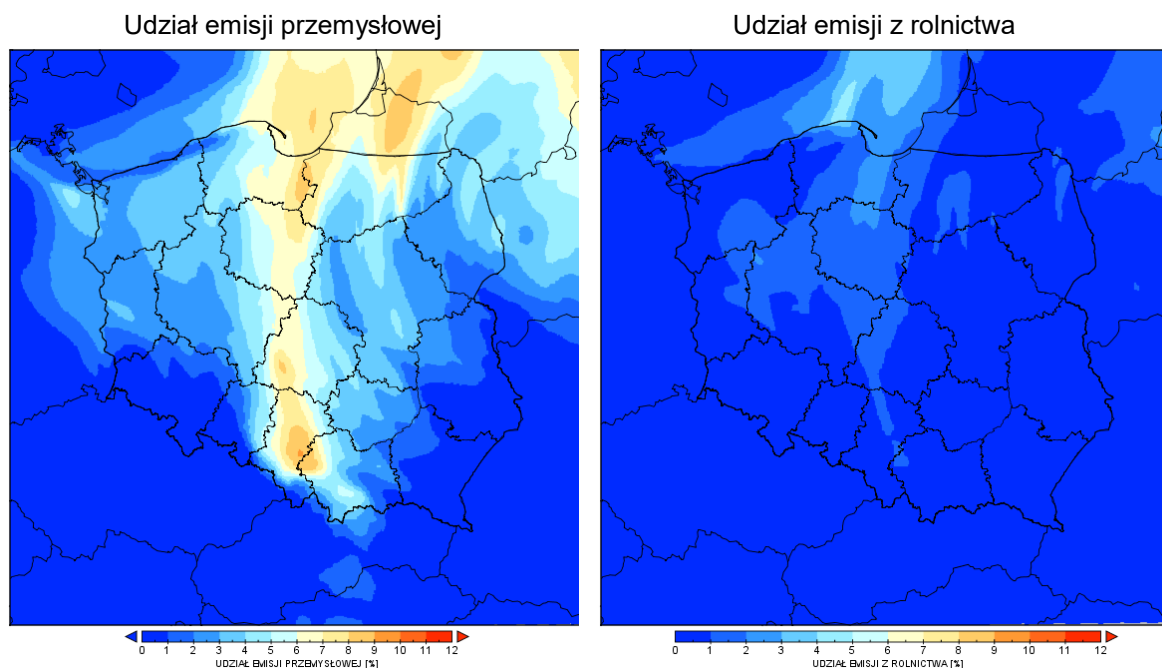
W trakcie drugiego dnia wystąpienia epizodu wysokich stężeń zmieniał się udział źródeł krajowych. Na podobnym poziomie jak w trakcie pierwszego dnia jest udział źródeł liniowych - do 20% w województwie małopolskim i warmińsko-mazurskim, natomiast na terenie całego kraju jest bardziej zróżnicowany i sięga od 6% do 14%. Udział źródeł naturalnych sięga do 8% w centralnej części kraju, podobnie jak źródeł emisji przemysłowej. Źródła rolnicze nie mają wpływu na powstawanie ozonu w atmosferze.

Udział emisji liniowej



Udział emisji naturalnej

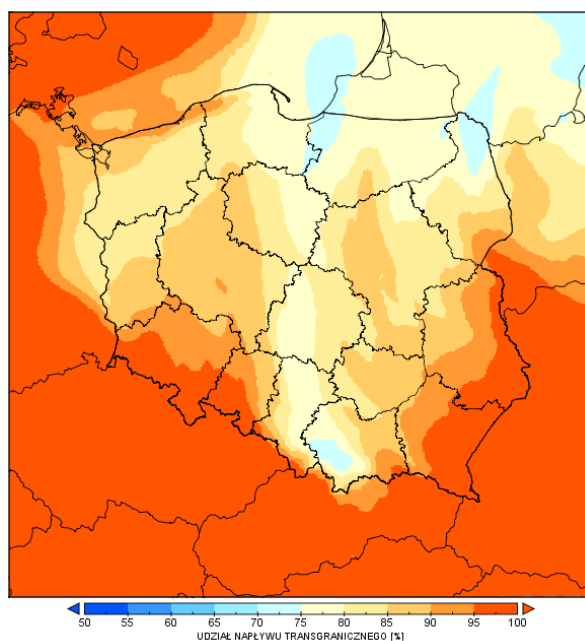




Rysunek 86. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 19.05.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

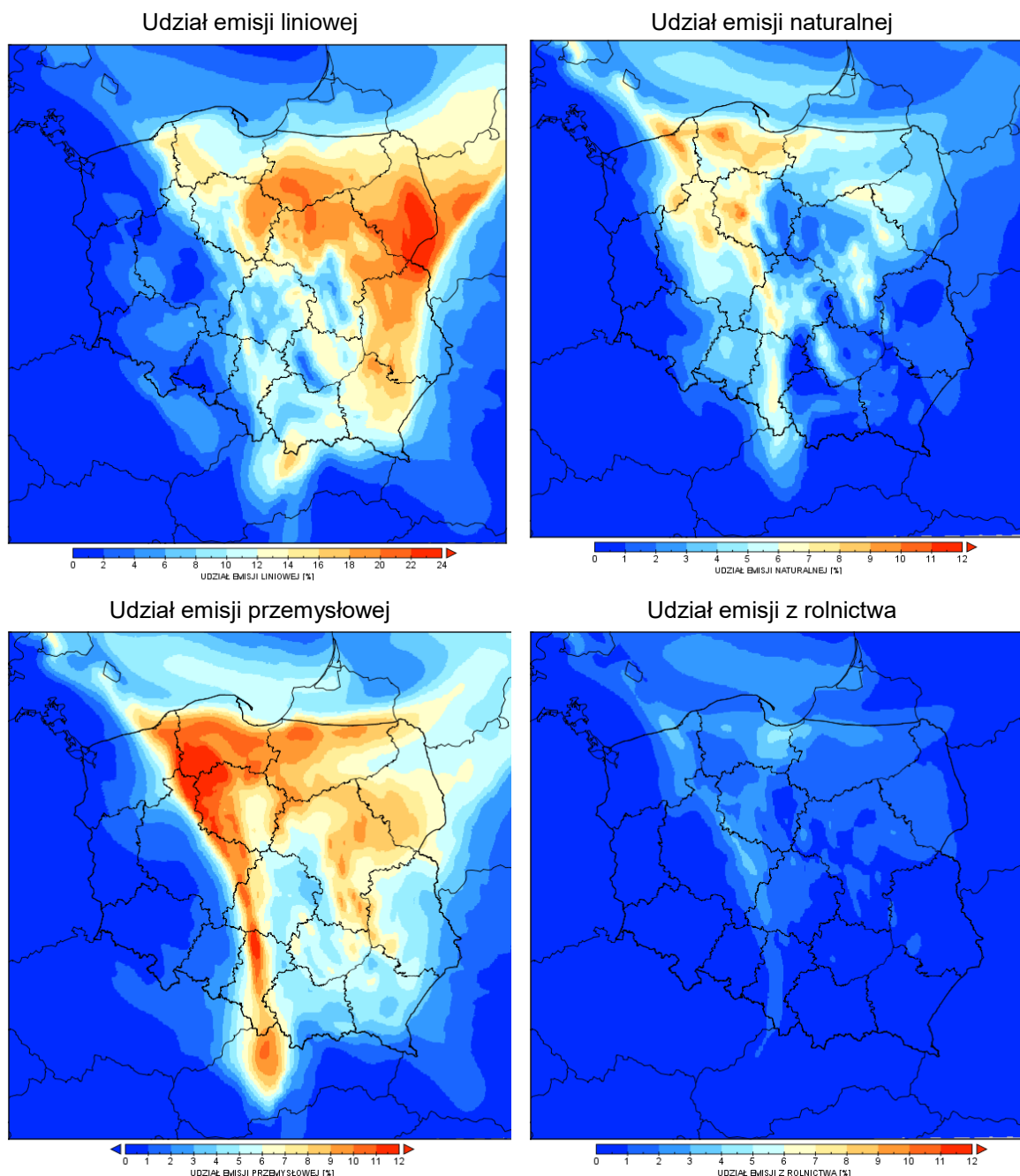
Największy udział źródeł transgranicznych w tworzeniu się ozonu wskazano w województwach podkarpackim, lubelskim, dolnośląskim i opolskim. W centralnej części kraju udział ten sięga do 80%, co również decyduje o przyczynach wysokich stężeń ozonu w trakcie epizodu.

Udział napływu transgranicznego



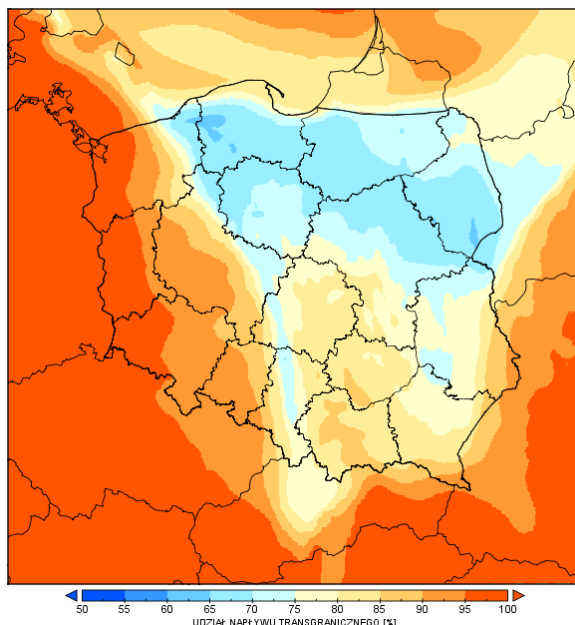
Rysunek 87. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 19.05.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

W dniu 20 maja w trakcie trzeciego dnia epizodu udział źródeł krajowych znacznie się zmienia i pomimo, że stężenia ozonu spadają udział źródeł krajowych rośnie. Szczególnie rośnie udział źródeł liniowych w województwach mazowieckim, podlaskim, lubelskim, warmińsko-mazurskim i kujawsko-pomorskim gdzie sięga 24%. Udział źródeł naturalnych sięga maksymalnie 10% w województwie pomorskim i kujawsko-pomorskim.



Rysunek 88. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.05.2017 r. godz. 13:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Wzrasta udział źródeł przemysłowych na terenie całego kraju szczególnie w centralnej i północnej części kraju. Maksymalny udział procentowy tego rodzaju źródeł sięga 12%. Źródła rolnicze podobnie jak w pozostałe dni epizodu nie odgrywają praktycznie żadnej roli w tworzeniu się ozonu na terenie kraju.



Rysunek 89. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.05.2017 r. godz. 13:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

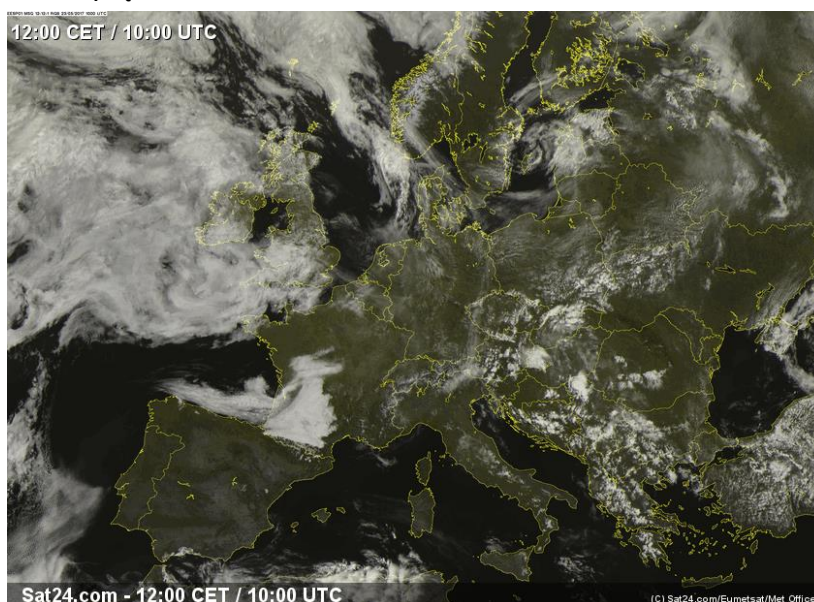
7.6. Epizod 23 maja 2017

Kolejny epizod wysokich stężeń ozonu nastąpił trzy dni po zakończeniu poprzedniego zdarzenia i miał charakter lokalny, ograniczony do centralnej i południowo-zachodniej części kraju. Stężenia ozonu przekraczające poziom $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ odnotowano najwcześniej na stacji w Radomsku w województwie łódzkim, gdzie epizod trwał między godziną 10:00 a 17:00. Między 11:00, a 19:00 występowały wysokie stężenia ozonu w Kaliszu w województwie wielkopolskim. W tych samych godzinach odnotowano również przekroczenia w Osieczowie w województwie dolnośląskim, gdzie epizod zarejestrowano łącznie na trzech stacjach. Godzinę później wysokie stężenia ozonu rozpoczęły się w Jeleniej Górze, natomiast w Czarniawie, wystąpiły dopiero między 16:00 a 23:00 i osiągnęły najwyższą wartość - $141,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 21:00.

7.6.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

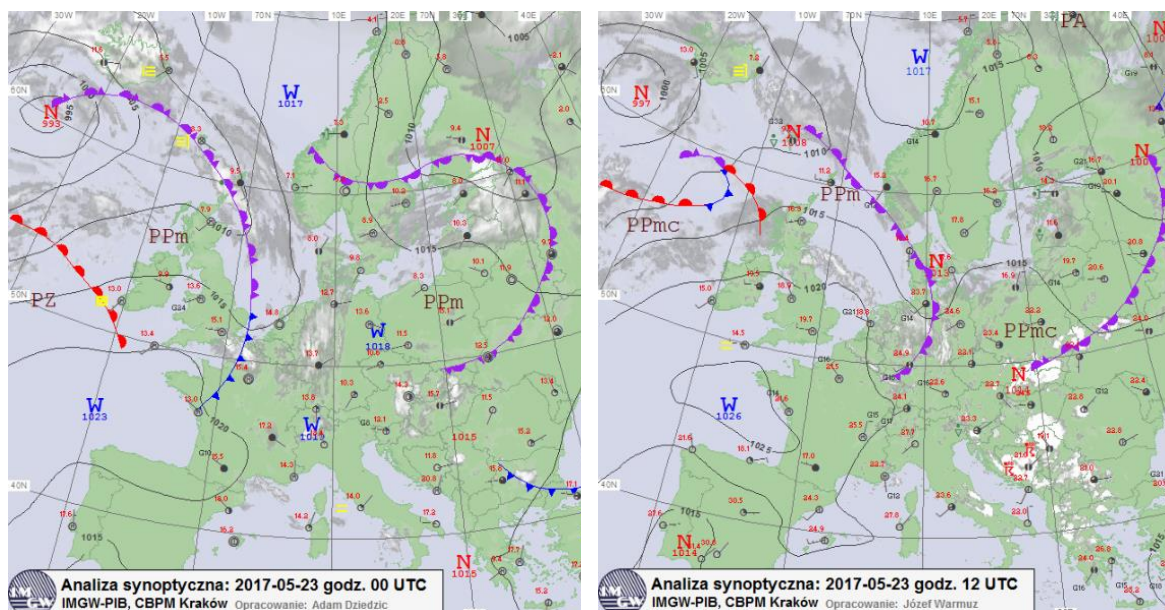
W dniu 23 maja Polska znalazła się początkowo w zasięgu oddziaływania niewielkiego układu wyżowego, który w poprzedniej dobie przywędrował do nas znad obszaru Niemiec. Aura w trakcie trwania epizodu była nad większością kraju względnie pogodna, jedynie miejscami z dużym zachmurzeniem, głównie piętra wysokiego. Opady

nie występowały, z wyjątkiem południowo-wschodniej części kraju, gdzie w obszarze zalegającego quasi stacjonarnego frontu chłodnego od godzin południowych aż do nocy występowały punktowo burze z intensywnymi opadami deszczu i gradu, którym towarzyszył wzrost prędkości wiatru.

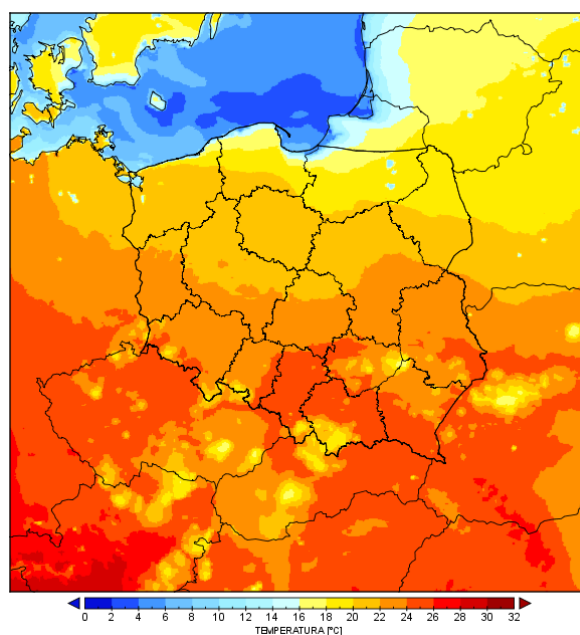


Rysunek 90. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 23 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com)

Wyż znad Niemiec, w którego centrum o północy zanotowano 1018 hPa szybko zanikał i w południe pozostawił po sobie słabo gradientowy obszar ciśnienia, w którym dość ciepłe, osiągające 22-23°C powietrze polarno-morskie przemieszczało się z bardzo niewielką prędkością przeważnie w kierunku wschodnim. Jedynie na północy kraju, gdzie duże zachmurzenie ograniczało radiację, temperatury o tej porze nie przekroczyły 17°C. W tym czasie od zachodu zbliżał się płytki ośrodek niżowy utworzony nad Morzem Północnym z zafalowania na froncie chłodnym. Front ten, widoczny na mapie synoptycznej w fazie okluzji, przebiegał w południe od Danii przez środkową po zachodnią część Niemiec, zaś 12 godzin później dotarł już do linii Koszalin – Śnieżka i w ciągu kolejnego dnia przemieszczał się dalej na wschód. Towarzyszyła mu strefa chmur warstwowych przynoszących opady deszczu oraz napływ chłodniejszych mas powietrza z północnego zachodu.

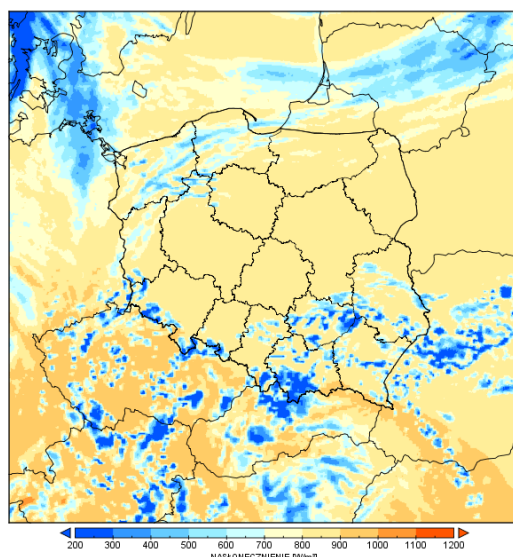


Rysunek 91. Analiza synoptyczna w dniu 23.05.2017 r. (Źródło: IMGW-PIB, CBPM Kraków).



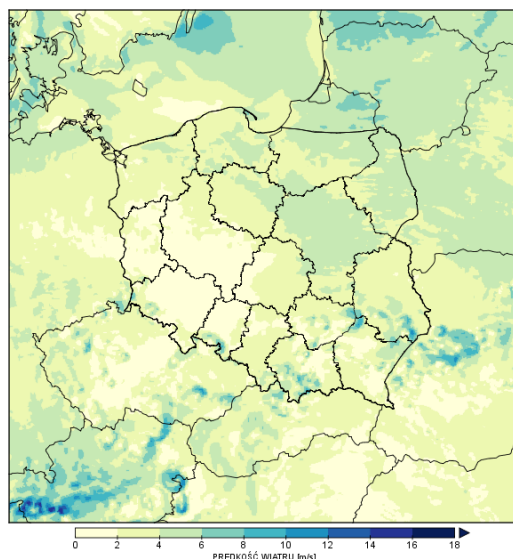
Rysunek 92. Temperatura powietrza w dn. 23.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Obszar występowania epizodu wysokich stężeń ozonu był w obszarze występowania wysokich temperatur między innymi w województwie śląskim. Temperatura na południowym wschodzie kraju w dniu epizodu była dość wysoka sięgając do 26°C. Najniższa temperatura do około 20°C odnotowana była na północy Polski.



Rysunek 93. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 23.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).

Natężenie promieniowania słonecznego największe było w centralnej, południowo-zachodniej i północno-wschodniej części kraju, z lekkim zachmurzeniem na północnym zachodzie i zachmurzeniem w południowo-wschodnich województwach. W obszarze występowania wysokich stężeń na stacjach pomiarowych występowało umiarkowane zachmurzenie przechodzące nad województwa małopolskie, świętokrzyskie i lubelskie.



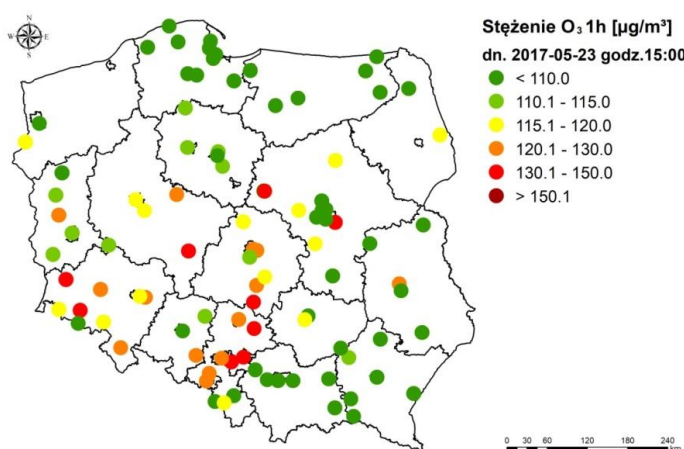
Rysunek 94. Prędkość wiatru w dn. 23.05.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).

Prędkość przepływu mas powietrza była na przeważającym terenie kraju była nieduża w całym kraju stabilna i tylko miejscami przekraczała 6 m/s. W województwach opolskim, dolnośląskim, wielkopolskim i lubuskim wystąpiły cisze wiatrowe.

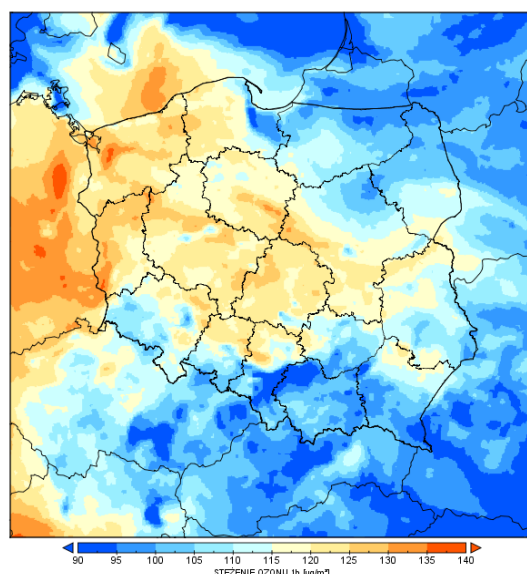
7.6.2 Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

Analiza występowania wysokich stężeń w trakcie epizodu na podstawie wyników pomiarów wskazała obszary występowania wysokich stężeń w okresie największego zasięgu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O godzinie 15:00 nastąpił największy zasięg występowania wysokich stężeń ozonu - łącznie na 24 stacjach stężenia przekraczały $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ z czego tylko na 5 występowały przez 8 godzin nieprzerwanie.

Wysokie stężenia występowały na stacjach w województwie śląskim, łódzkim, dolnośląskim i wielkopolskim. Najniższe stężenia wystąpiły na terenie województwa pomorskiego, małopolskiego, podkarpackiego i warmińsko-mazurskiego.



Rysunek 95. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 23 maja 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMS).



Rysunek 96. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 23.05.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

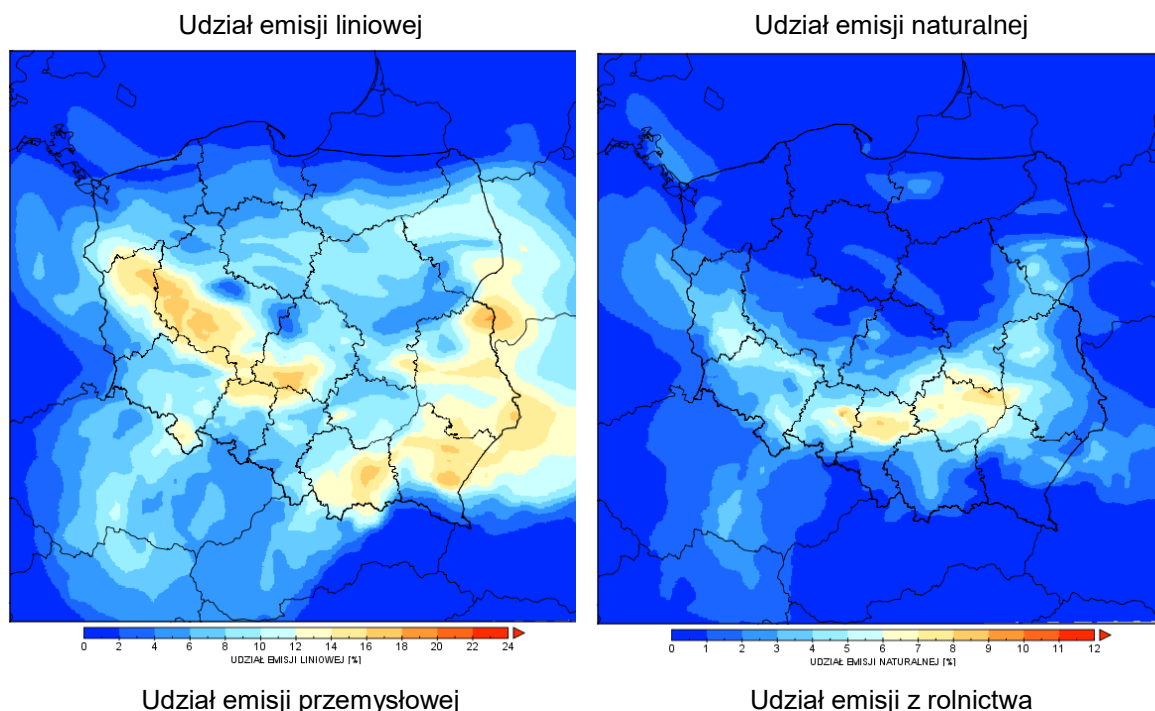
Wyniki modelowania w części potwierdzają wynik z pomiarów, ponieważ wysokie stężenia występują w centralnej i zachodniej części kraju, szczególnie w województwie wielkopolskim i łódzkim. W wynikach modelowania wysokie stężenia powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły również w województwach lubuskim i zachodniopomorskim. Najniższe stężenia z modelowania określono dla województwa małopolskiego i podkarpackiego.

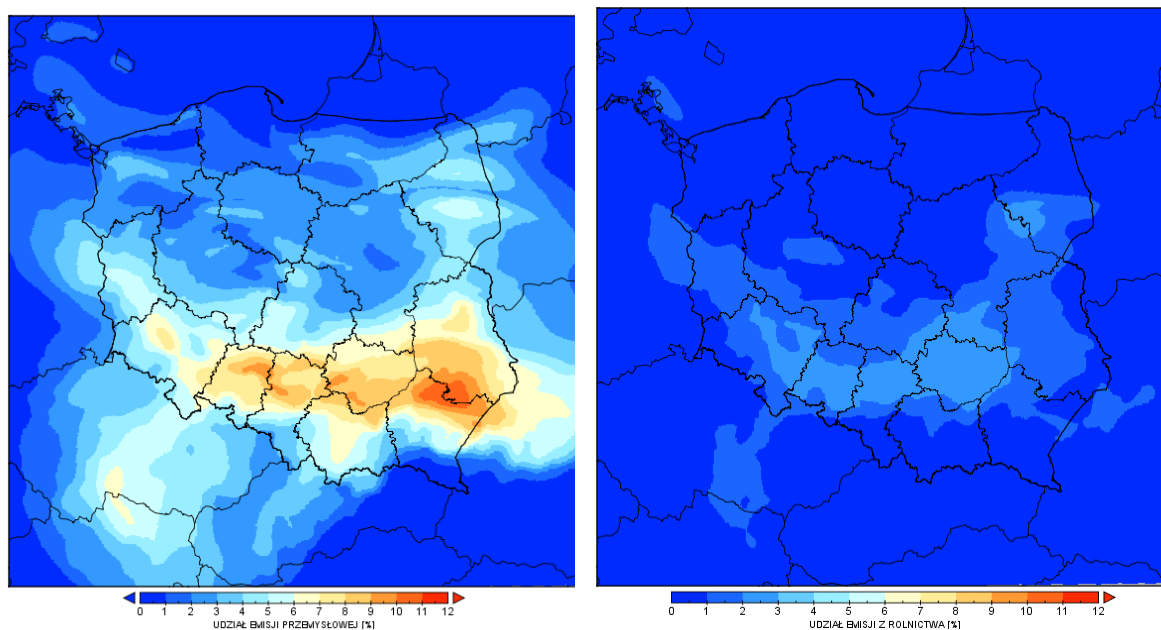
7.6.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

Określenie udziałów poszczególnych źródeł emisji krajowych i napływu transgranicznego pozwala na określenie przyczyn wystąpienia epizodu w danym dniu. Na podstawie wyników modelowania określono udział w godzinie wystąpienia największego zasięgu występowania wysokich stężeń ozonu.

W województwach zachodnich widoczny jest znaczny wpływ emisji ze źródeł liniowych na kształtowanie się ozonu dochodzący do 18%. Podobnie wygląda dla województw wschodnich i południowych. Źródła emisji naturalnej miały wpływ w 8% na tworzenie się ozonu w województwach śląskim, świętokrzyskim i opolskim.

Źródła przemysłowe również oddziaływały na procesy zachodzące w atmosferze w województwach południowych, gdzie ich udział sięga 12% szczególnie w województwie podkarpackim. W obszarze występowania wysokich stężeń największy udział mają źródła liniowe.

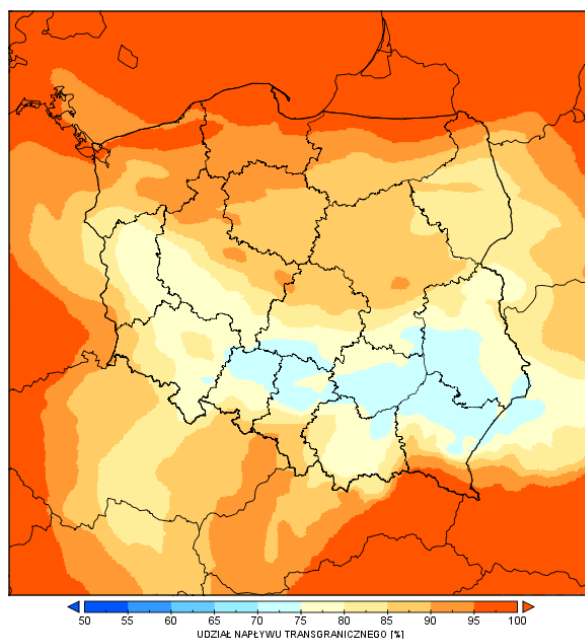




Rysunek 97. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 23.05.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Napływ transgraniczny jest odpowiedzialny za kształtowanie się ozonu nad krajem szczególnie w województwach północnych, gdzie ich udział sięga nawet ponad 90%. Najniższy udział tych źródeł został wskazany w województwach centralnych i południowych. W obszarze wystąpienia wysokich długotrwałych stężeń ozonu udział tego rodzaju źródeł sięga od 70 do 80%.

Napływ transgraniczny



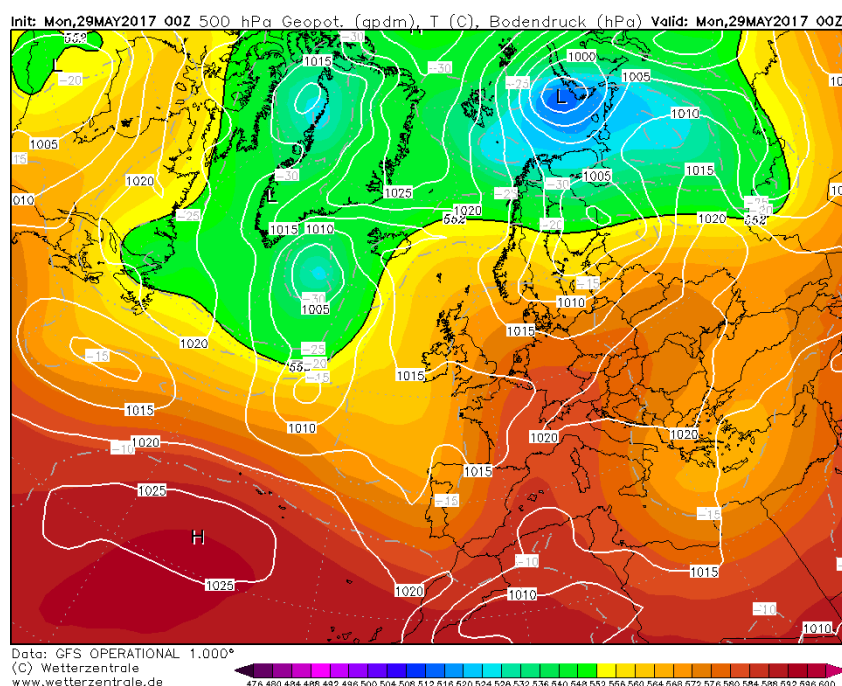
Rysunek 98. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 23.05.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.7. Epizod 29-30 maja 2017

Epizod w dniach 29-30 maja objął wyłącznie zachodnią część Dolnego Śląska, gdzie wystąpił na 3 stacjach. W Czerniawie stężenie ozonu na poziomie 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zostało po raz pierwszy przekroczone o godzinie 11.00 i sytuacja ta utrzymywała się przez 8 kolejnych godzin. Najwyższą wartość zanotowano o godzinie 16.00 (163 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Godzinę po tym maksimum rozpoczął się okres wysokich stężeń na Śnieżce, który trwał przez 9 godzin. Inaczej wyglądała sytuacja w Osieczowie. Epizod rozpoczął się tu podobnie jak w Czerniawie, jednak czas jego trwania był znacznie dłuższy, zakończył się bowiem o godzinie 14.00 dnia następnego, czyli obejmował łącznie 28 godzin. Dobowe maksima nie były jednak tak znaczące jak w Czerniawie – podobnie jak na Śnieżce, zamykały się w przedziale 144,2-146,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

7.7.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W omawianym okresie zasadnicze układy ciśnienia w polu geopotencjału 500 hPa stanowiły górny klin wyżowy oparty trzonem o podzwrotnikowy wyż saharyjski i sięgający na północy aż po Islandię, północną Szwecję i Finlandię oraz silny niż nad Morzem Barentsa, z tendencją do przechodzenia nad północną Finlandię, Morze Białe i północ Rosji. Arktyczny chłód odsunął się daleko, aż za koło podbiegunowe.

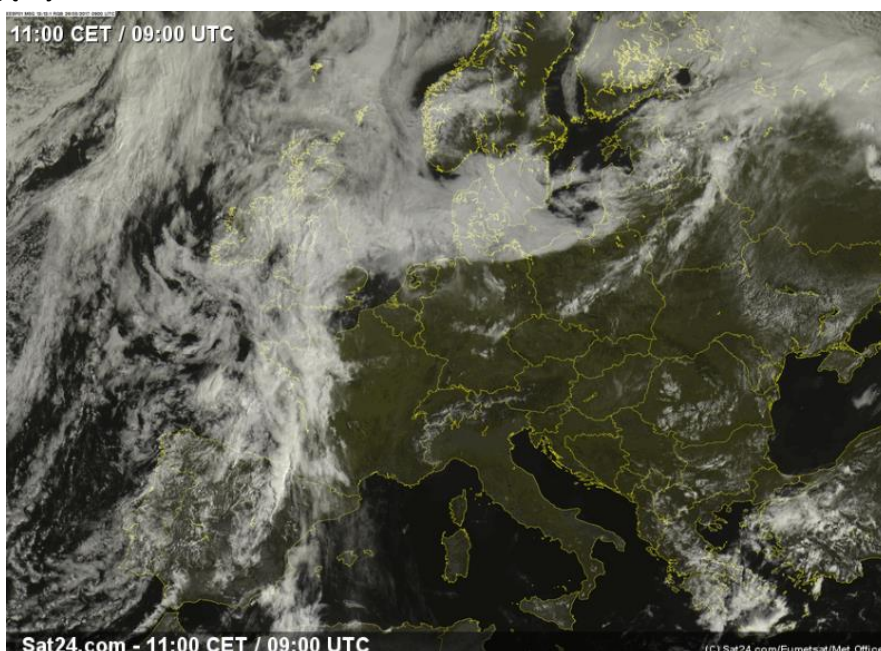


Rysunek 99. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 29.05.2017 r. godz. 12:00. Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.

W przy powierzchniowej warstwie wyż, którego ośrodek znajdował się w poprzedniej dobie nad południowo-wschodnią częścią naszego kraju, przesunął się nad Rumunię nieznacznie słabnąc. Po jego zachodniej stronie migrowały bardzo ciepłe masy powietrza zwrotnikowego, napływające do nas od południowego zachodu znad Czech i Niemiec. Najcieplej było południowym zachodzie kraju, gdzie już w południe 29

maja temperatura osiągnęła 28,6°C. Tam też rejestrowane były najdłużej utrzymujące się wysokie stężenia ozonu.

O kilka stopni chłodniej było w tym dniu we wschodniej części Polski, znacznie większy kontrast termiczny związany był jednak z postępującą od północy strefą frontu chłodnego, związaną z ośrodkiem niżowym przemieszczającym się znad Skandynawii w głąb Rosji. Strefa ta w nocy z 28 na 29.05 znajdowała się na linii Luksemburg – Berlin – Zatoka Fińska i powoli obniżała się, około południa zbliżając się do Gorzowa Wlkp. i Suwałk. Zmiana kierunku napływu mas powietrza na NW i N, sprzyjała zagarnianiu znad Bałtyku nad Pomorze obszaru niskich chmur stratus przekształcających się nad lądem w gęsty i niski stratocumulus.



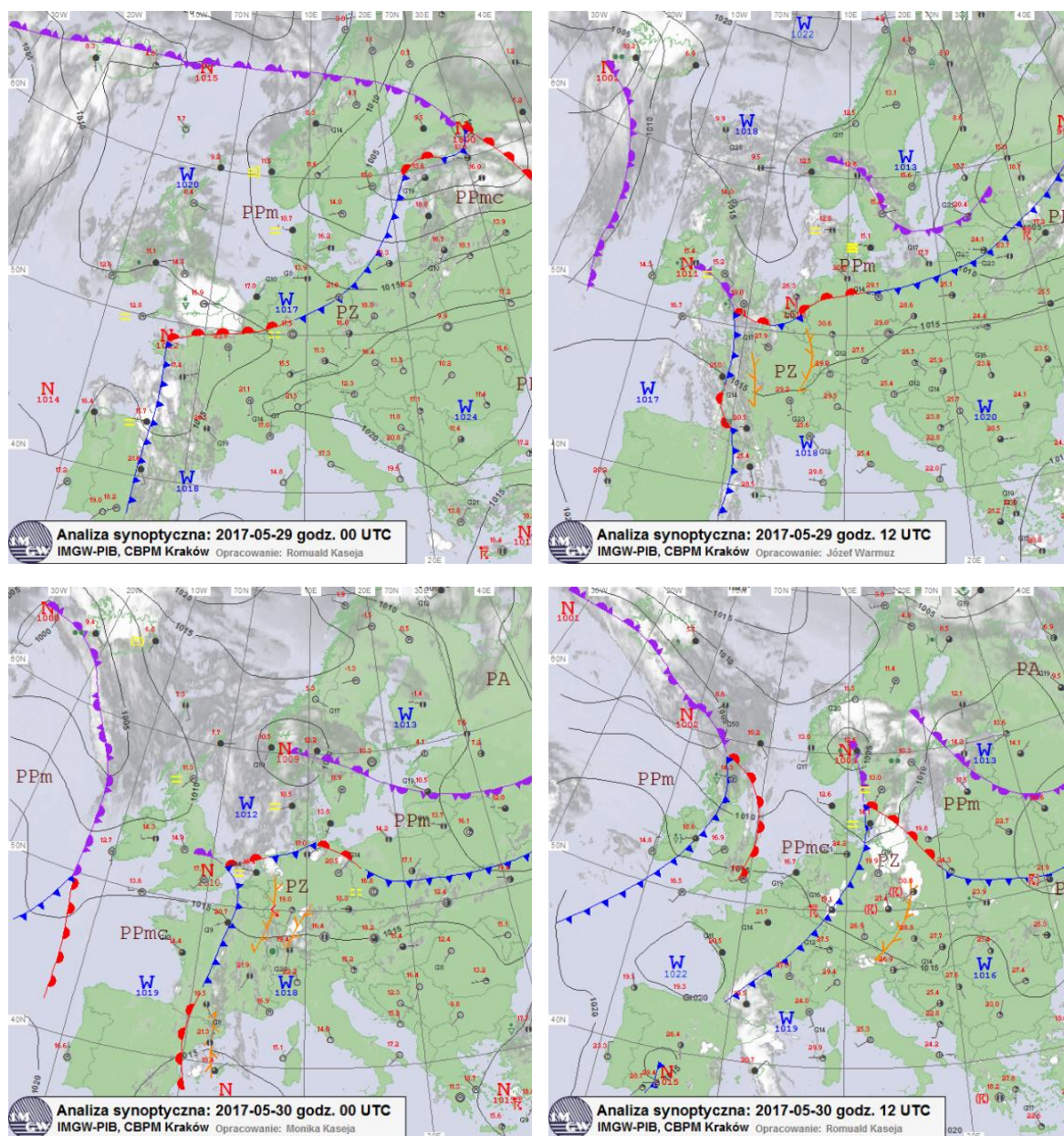
Rysunek 100. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 29 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com)

Utrzymujący się w zasięgu strefy frontowej duży potencjał chwiejności, związany z kontrastem termicznym występującym po obu jej stronach, przejawiał się rozwojem zjawisk konwekcyjnych, rozbudową chmur cumulonimbus i występowaniem przelotnych opadów oraz burz. Do końca dnia strefa frontu przesunęła się po linię Poznań – Łódź – Lublin i w kolejnych godzinach migrowała dalej na wschód, nie sięgając terenów południowo-zachodniej i południowej Polski.

Obniżenie temperatury związane z frontem chłodnym nie trwało długo, ponieważ po zachodnich obrzeżach górnego klina przesunął się niż z rejonu Zatoki Biskajskiej, który 30.05 około południa znalazł się nad południową Norwegią, prowadząc w swoim ciepłym wycinku gorące i wilgotne masy powietrza zwrotnikowego, zaciągane do nas od południowego zachodu. W obrębie tych mas, których temperatura po południu lokalnie przekroczyła 30°C, pojawił się nieznaczny wir mezoskalowy nad wschodnimi Niemcami, wchodzący nad zachodnią część kraju i tam od godzin południowych, najpierw na zachodzie, potem na Dolnym Śląsku i w centrum wystąpiły gwałtowne zjawiska

konwekcyjne obejmujące tworzenie się zespołów chmur kłębiastych Cb z burzami, intensywnym opadem przelotnym i gradem oraz z porywami wiatru.

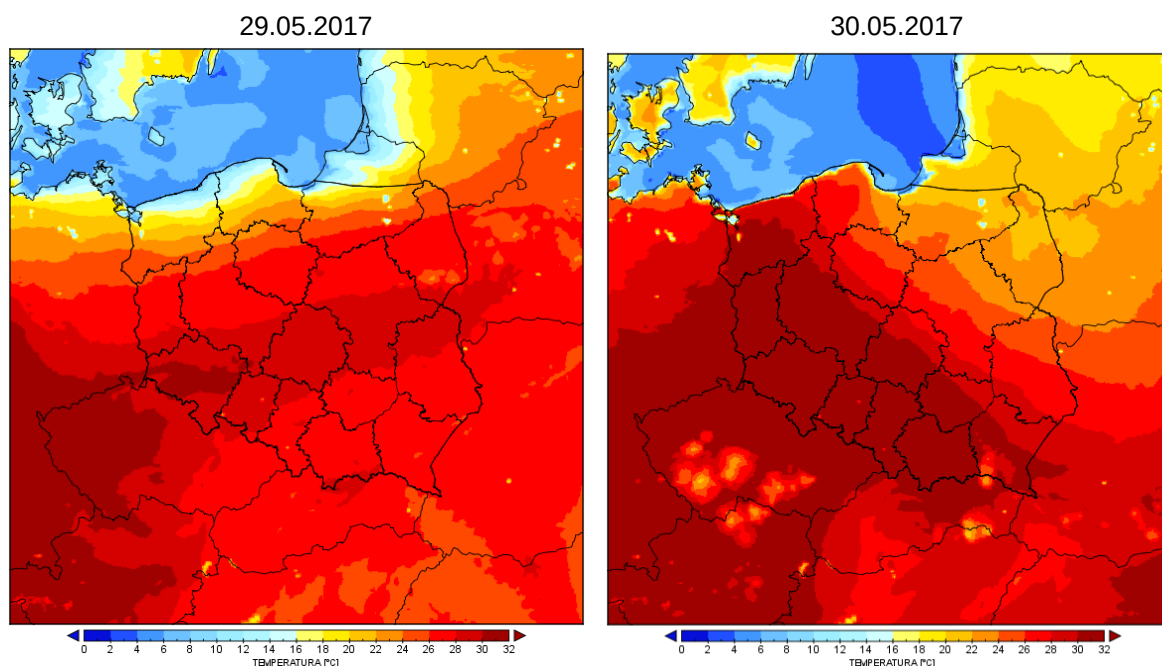
Początkowo północno-wschodnia część kraju znajdująca się pod wpływem słabego, zanikającego wyżu przyziemnego, cieszyła się bardziej stabilną choć chłodniejszą pogodą. W godzinach popołudniowych obszar burz przemieścił się dalej na południe i wschód, a w nocy do zachodnich granic kraju dotarła kolejna strefa frontu chłodnego poprzedzona linią zbieżności.



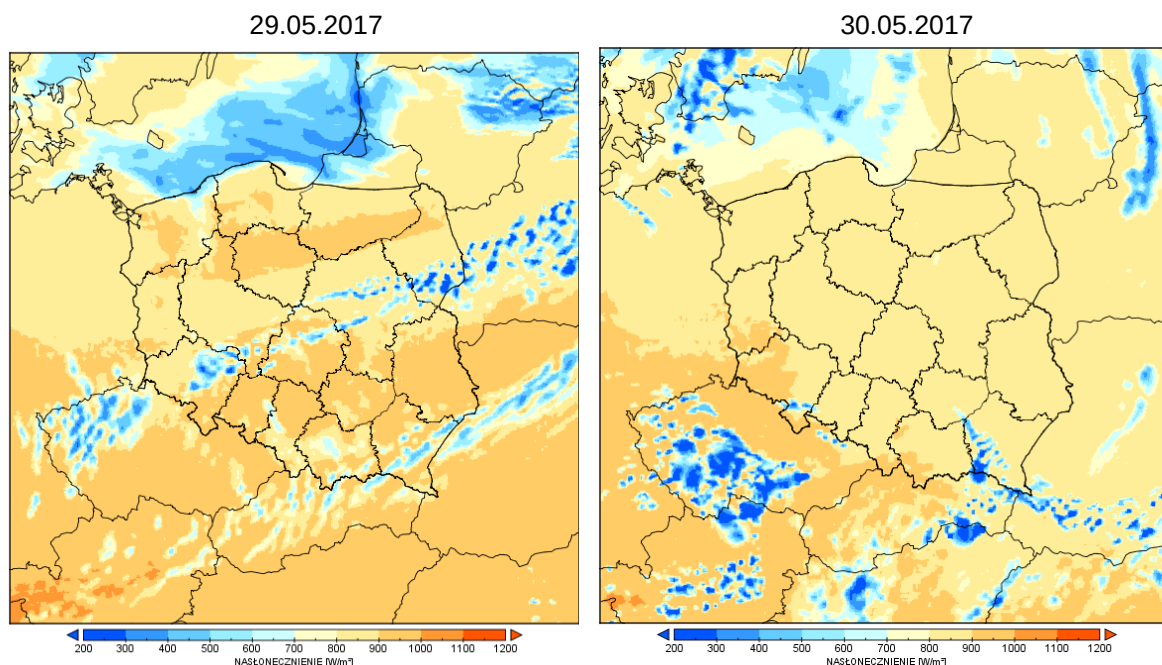
Rysunek 101. Analiza synoptyczna w dniach 29-30.05.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

W pierwszym dniu epizodu na przeważającym terenie kraju temperatura otoczenia była dość wysoka, miejscami do 30°C. Jedynie na północnych krańcach kraju chłodne powietrze znad Bałtyku obniżało temperaturę otoczenia do 10°C. Następnie, napływające masy gorącego powietrza z południowego zachodu zajęły swym zasięgiem

większą część kraju i całą południową, południowo-zachodnią i zachodnią część Polski objęta była napływającymi masami gorącego powietrza.



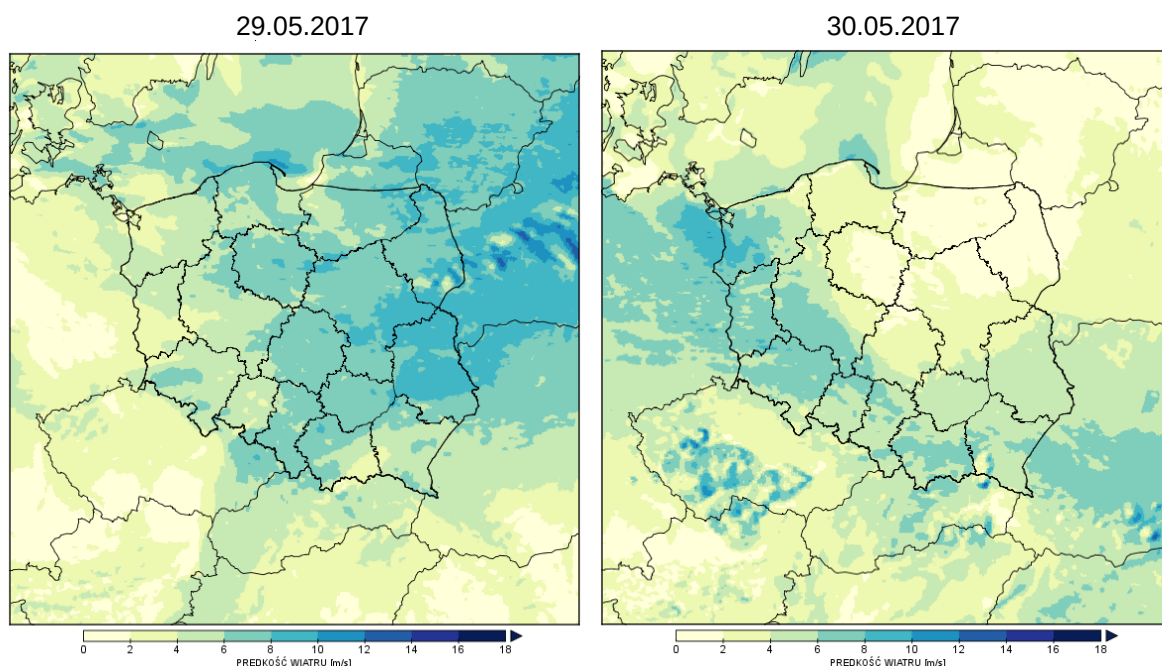
Rysunek 102. Temperatura powietrza w dn. 29-30.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)



Rysunek 103. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 29-30.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

W trakcie trwania epizodu natężenie promieniowania słonecznego największe było początkowo w północnej Polsce, nad pozostałą częścią kraju występowało niewielkie zachmurzenie, które w drugim dniu epizodu ustąpiło i w całym kraju

występowało duże natężenie promieniowania słonecznego. Zachmurzenie wystąpiło jedynie w województwie podkarpackim.

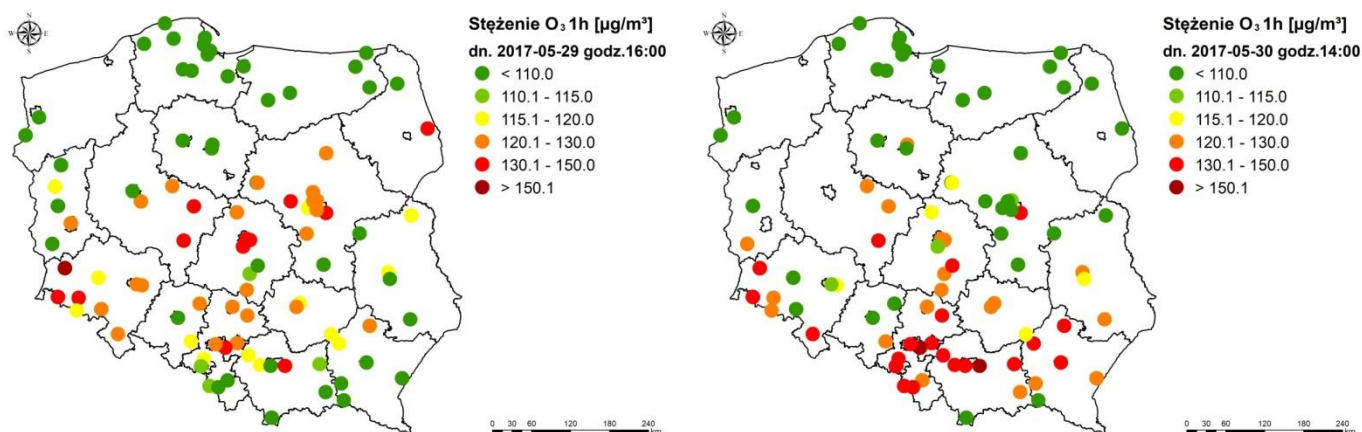


Rysunek 104. Prędkość wiatru w dn. 29.05.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)

W pierwszym dniu epizodu prędkość przepływu mas powietrza była największa w województwach lubelskim, mazowieckim i podlaskim. Na zachodzie kraju prędkość wiatru była zdecydowanie mniejsza. W drugim dniu epizodu największe prędkości z kolei rejestrowane były na zachodzie. W województwach północno-zachodnich występowała cisza wiatrowa.

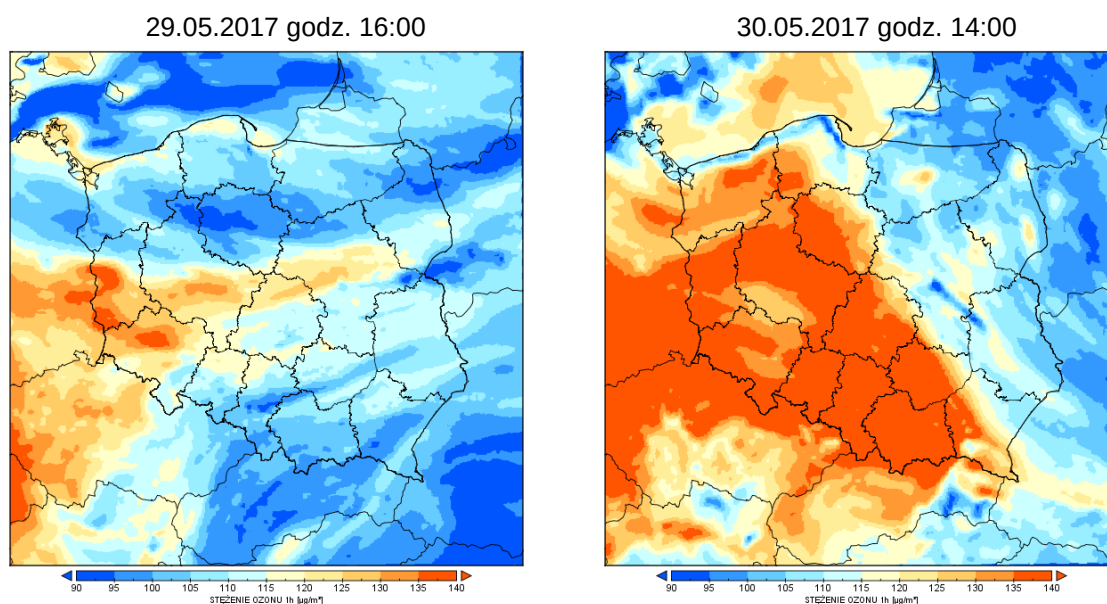
7.7.2 Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

Analiza występowania największego zasięgu epizodu na podstawie wyników pomiarów jakości powietrza wskazuje na rozległy zasięg epizodu.



Rysunek 105. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 29-30 maja 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMS).

Zasięg wysokich stężeń w dniu 29 maja objął łącznie 36 stacji na których wystąpiły stężenia powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z czego tylko na trzech trwał on nieprzerwanie 8 i więcej godzin. Wysokie stężenie wystąpiły w województwach śląskim, dolnośląskim, łódzkim, wielkopolskim i mazowieckim. W drugim dniu epizodu stężenia obejmowały jednocześnie już 43 stacje z czego tylko na dwóch trwały one nieprzerwanie przez 8 godzin. Znacznie zwiększyły się wysokości stężeń w województwie śląskim, małopolskim, podkarpackim i lubelskim. Zmniejszyły się natomiast stężenia na stacjach w województwie mazowieckim, lubuskim czy podlaskim. Godziny największego zasięgu wysokich stężeń nie pokrywają się z godziną wystąpienia maksimum wysokości stężeń. Epizod wysokich stężeń zakończył się o godzinie 14:00 30 maja 2017 r.



Rysunek 106. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 29-30.05.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

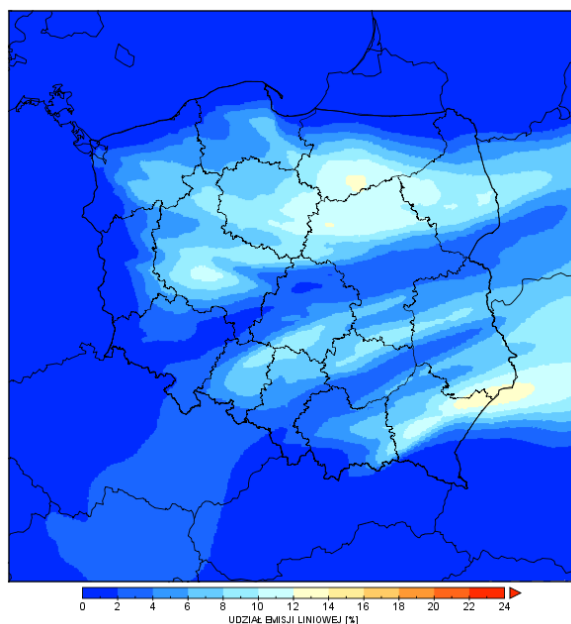
Wyniki modelowania zbieżne są z wynikami pomiarów w obu dniach epizodu. Szczególnie wysokie stężenia zamodelowane zostały w drugim dniu, gdzie zasięg wysokich stężeń był znacznie większy niż wynikający z pomiarów, ale tak jak w pomiarach wysokie stężenia występowały w województwie śląskim, łódzkim, małopolskim czy podkarpackim, natomiast spadły w województwie mazowieckim czy podlaskim.

7.7.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

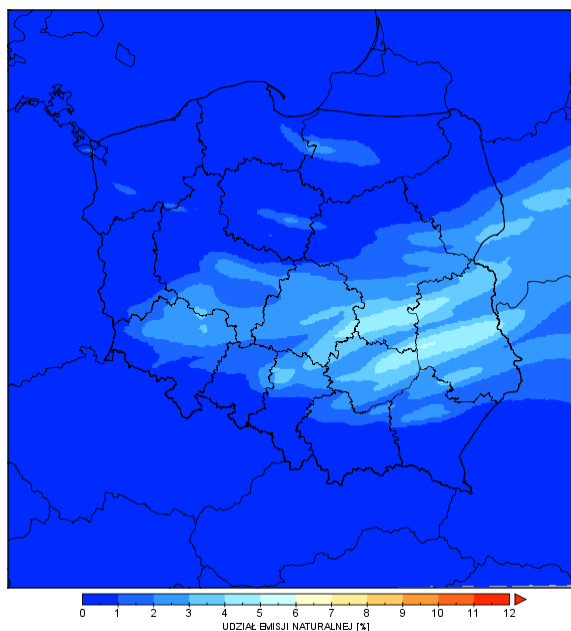
Wyniki modelowania wskazały również potencjalny udział poszczególnych rodzajów źródeł w tworzeniu się stężeń ozonu nad obszarem kraju.

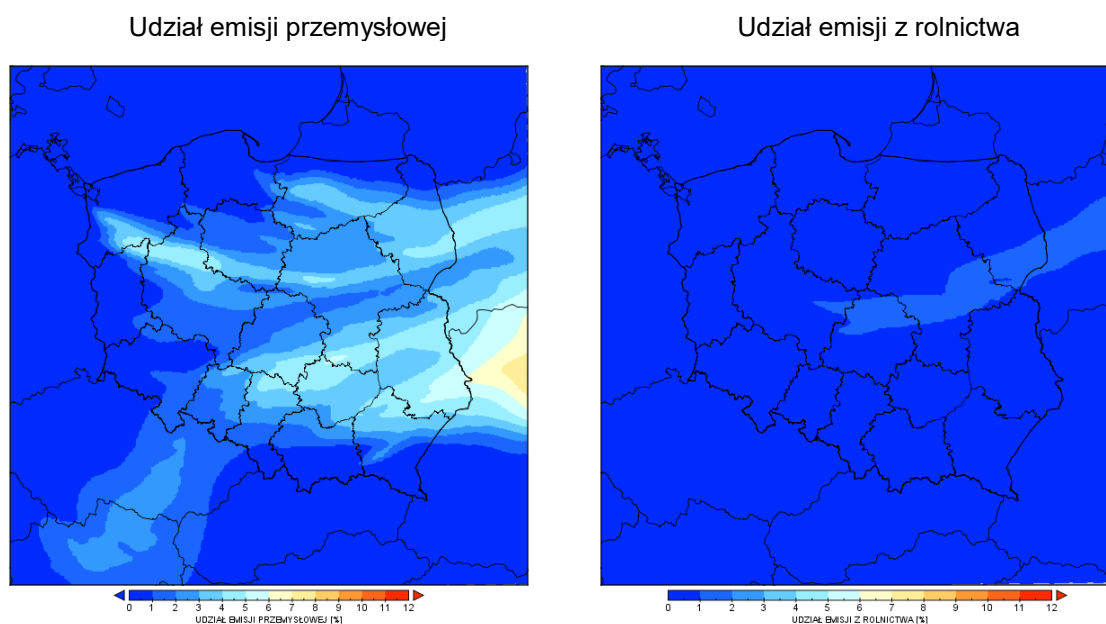
Analiza udziału źródeł w miejscu wystąpienia epizodu wskazuje na udział źródeł emisji liniowej w tworzeniu ozonu na poziomie 12%, natomiast emisji z przemysłu i ogrzewania na poziomie 6%. Źródła emisji naturalnej wpłynęły na powstawanie ozonu w 6% na obszarze województwa świętokrzyskiego i lubelskiego, a także północnej części województwa mazowieckiego. Największy wpływ źródła emisji liniowej miały w obszarze województwa podkarpackiego, warmińsko-mazurskiego i mazowieckiego. Podobnie jak dla pozostałych epizodów emisja z rolnictwa nie odgrywała żadnego znaczenia w stężeniach ozonu.

Udział emisji liniowej



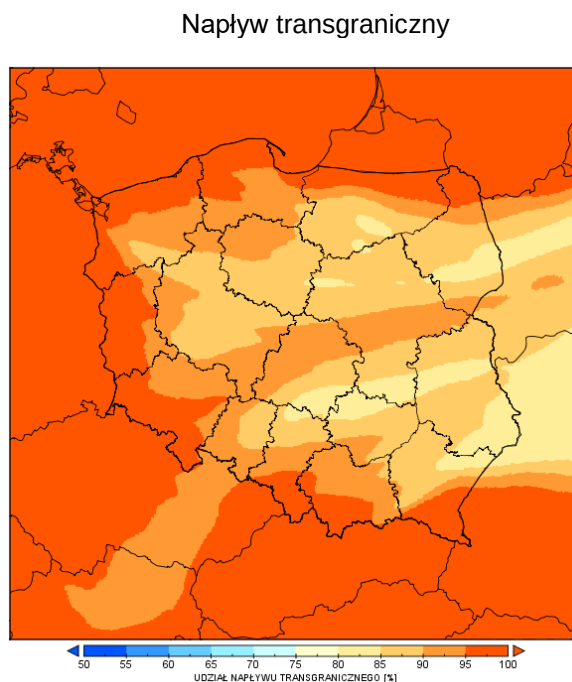
Udział emisji naturalnej





Rysunek 107. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 29.05.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

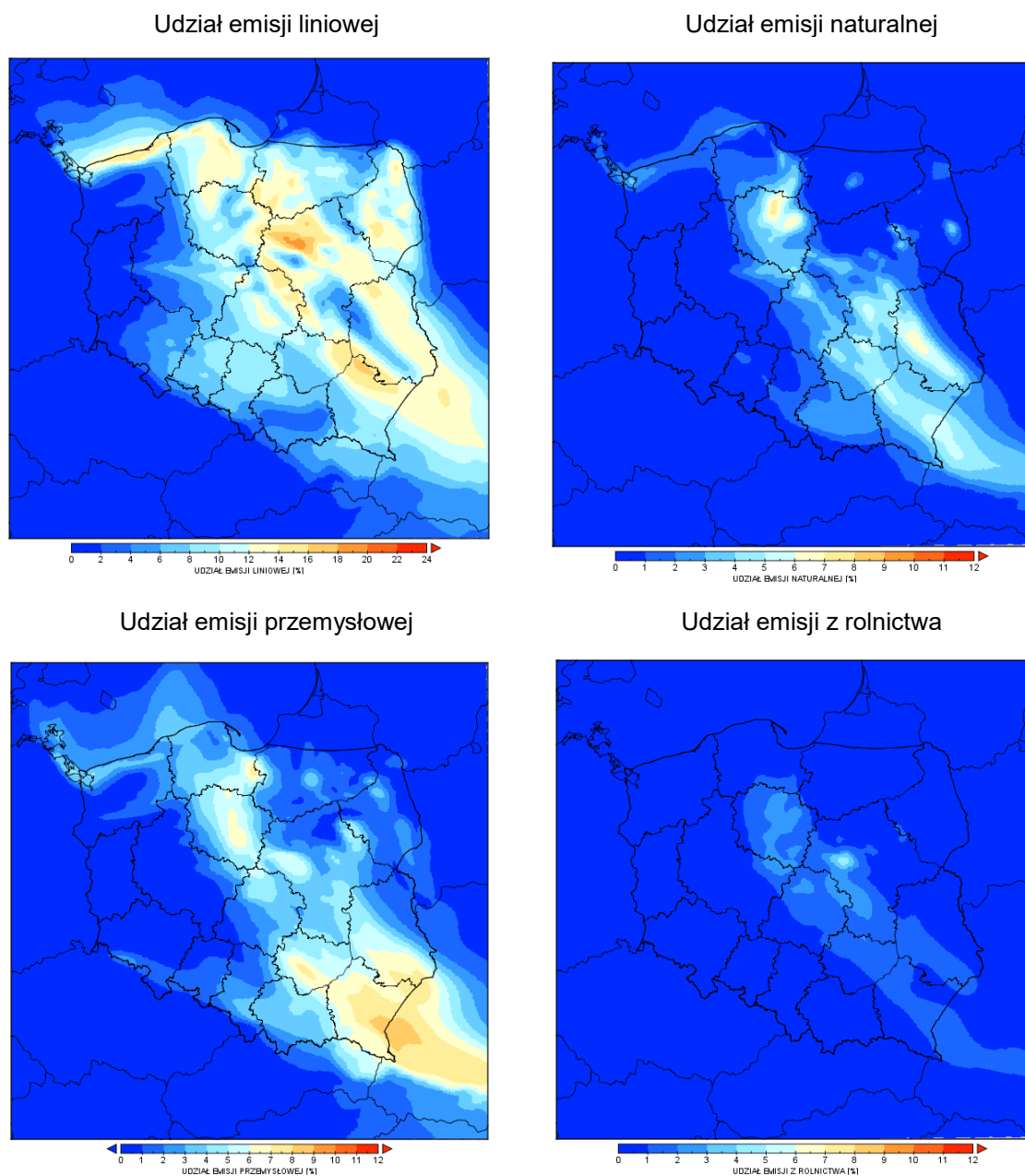
Źródła emisji transgranicznej wpływały w największym procencie na stężenia ozonu w województwach zachodnich i południowych - do 95%, natomiast w centralnej części kraju źródła te uczestniczyły w kształtowaniu się ozonu na poziomie maksymalnie 85%.



Rysunek 108. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 29.05.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

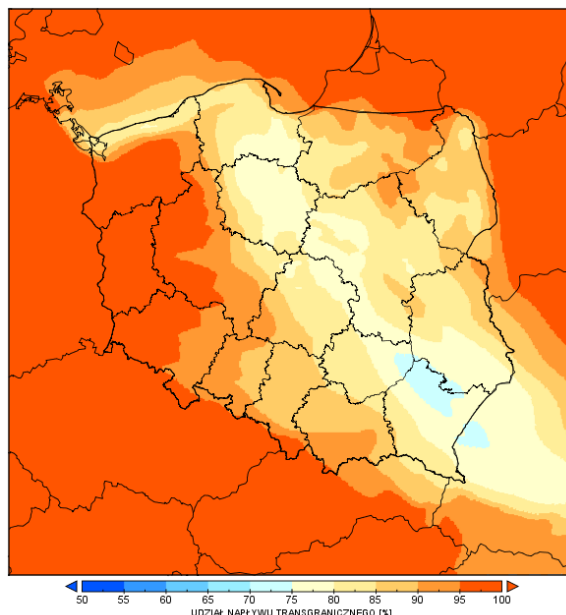
W drugim dniu epizodu udział źródeł liniowych był znacznie większy i w województwach mazowieckim, podkarpackim i lubelskim dochodził do 18%. Źródła przemysłowe w największy sposób wpływały na stężenia ozonu w województwie podkarpackim gdzie miały udział na poziomie 9%. Widoczny jest obszar wpływu źródeł krajowych, który sięga od województwa pomorskiego poprzez kujawsko-pomorskie, mazowieckie i łódzkie, aż do województwa podkarpackiego.

Źródła emisji naturalnej mają niewielki wpływ na ozon i jedynie w województwie kujawsko-pomorskim i lubelskim sięga maksymalnie 7%.



Rysunek 109. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.05.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła emisji transgranicznej odpowiedzialne są głównie za występowanie wysokich stężeń ozonu w województwach zachodnich, gdzie ich udział wynosi nawet 100%. W centralnej części kraju udział ten spada do 80%, co i tak świadczy o znaczącym udziale emisji spoza granic kraju na występowanie epizodów wysokich stężeń ozonu.



Rysunek 110. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.05.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.8. Epizod 3 i 4 czerwca 2017

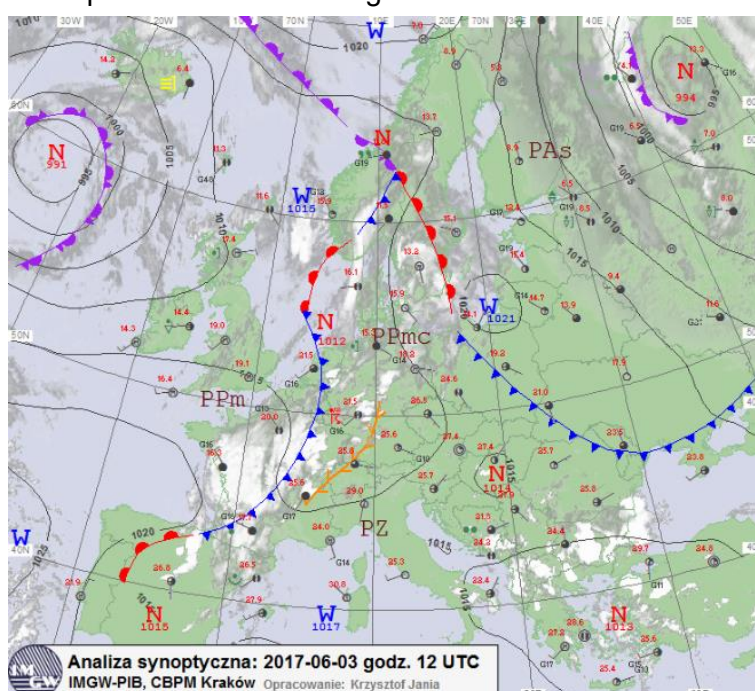
Epizod w dniu 3 czerwca miał charakter regionalny. Objął 14 stacji położonych w południowej i południowo-zachodniej Polsce, w województwach dolnośląskim, opolskim, śląskim i małopolskim. W czasie maksymalnego zasięgu ilość stacji łącznej rejestrujących wysokie stężenia ozonu dochodziła do 27. Maksymalne stężenia rejestrowano między godziną 15:00 a 22:00, przy czym na większości stacji między 15:00 a 18:00. Najwyższe stężenie zanotowano o godzinie 17:00 w Wodzisławiu Śląskim: $186,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sytuacja 4 czerwca wyglądała odmiennie: przekroczenia zarejestrowano tylko na 3 stacjach (Nisko w województwie podkarpackim, Białą Słup w województwie lubelskim i Otwock w województwie mazowieckim), epizod miał zatem charakter lokalny. Jednak ilość stacji w czasie maksymalnego zasięgu zdarzenia w tym dniu wynosiła aż 40. Najwyższe stężenia notowano w godzinach 14-15:00 (maksymalnie $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stacji w Otwocku).

7.8.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W dniu 3 czerwca panował słaby gradient baryczny na obszarze całego kraju. U schyłku dnia różnica ciśnień zaczęła się zwiększać od zachodu. W tym dniu Europa

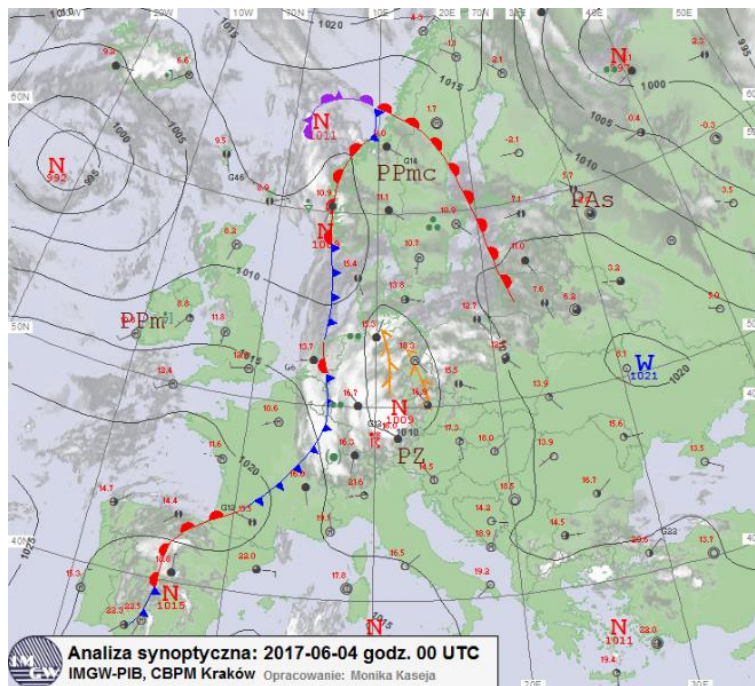
zachodnia, południowa i środkowa, a także południowa Skandynawia znalazły się w obszarze słabego, wału wyżowego z kilkoma ośrodkami pomiędzy układami cyklonalnymi nad Atlantykiem i północną Rosją. Jeden ze wspomnianych ośrodków wyżowych lokował się w tym dniu nad południowym Bałtykiem, przynosząc spływ chłodnego powietrza arktycznego w północno-wschodniej części kraju. Niż Rosyjski słabnąc oddalał się w kierunku północnego Urалу, natomiast na zachodzie z zafalowania frontu chłodnego zaczęły się formować niżej z ośrodkami nad wschodnią częścią Wysp Brytyjskich i południową Norwegią. Front chłodny oddzielający ciepłe powietrze polarno-morskie od spływającego z północy i północnego zachodu powietrza arktycznego w południe przebiegał nad Polską na linii Słupsk – Przemyśl. Temperatury o tej porze kształtowały się na poziomie 14,1°C w rejonie Zatoki Gdańskiej do 21°C na Lubelszczyźnie na zapleczu frontu chłodnego.



Rysunek 111. Analiza synoptyczna w dniu 3.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PIB, CBPM Kraków).

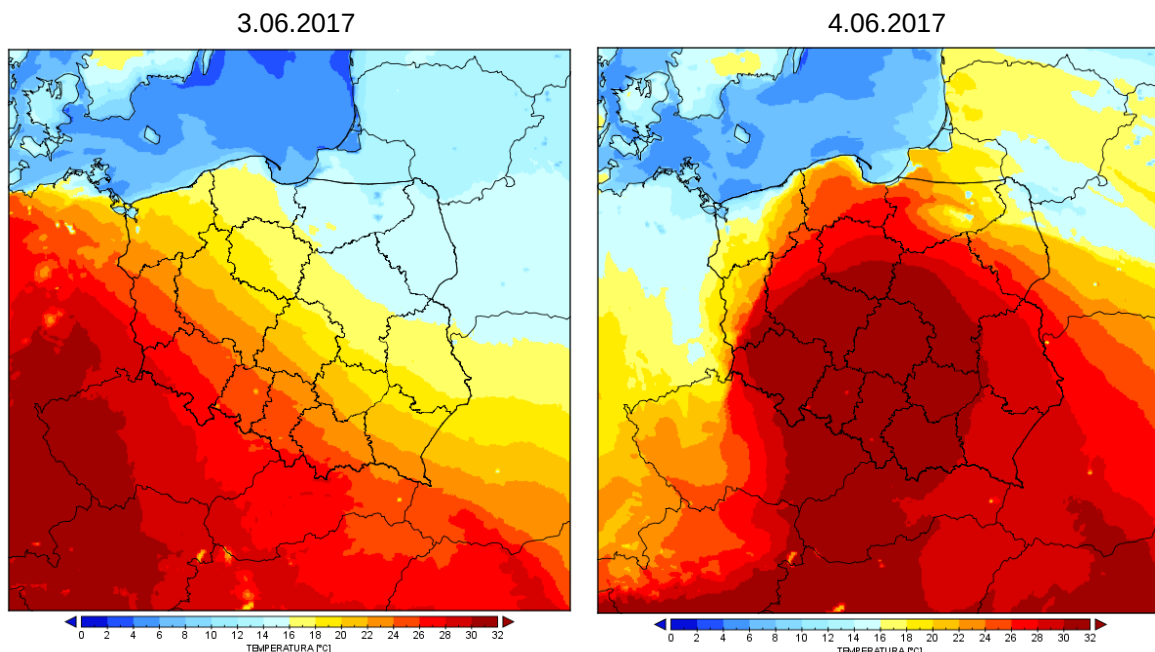
Tymczasem w południowej i zachodniej Polsce, w ciepłym wycinku niżu, napływało ciepłe powietrze z południowego wschodu, a temperatura dochodziła do 24,6 °C na Dolnym Śląsku. W zachodniej i północno zachodniej Polsce widoczna była strefa chmur związanych z liniami frontu; w pozostałej części kraju było przeważnie pogodnie.

Zatoka niżowa wkroczyła nad zachodnią Polskę w ciągu nocy z 3 na 4 czerwca i z biegiem kolejnego dnia przesuwiała się na wschód. Towarzyszyła jej zwarta strefa chmur warstwowych, oraz linia konwergencji na której w ciągu dnia rozbudowywały się chmury konwekcyjne i występowały opady deszczu, a po południu burze. W południe nasze zachodnie granice osiągnął front chłodny.



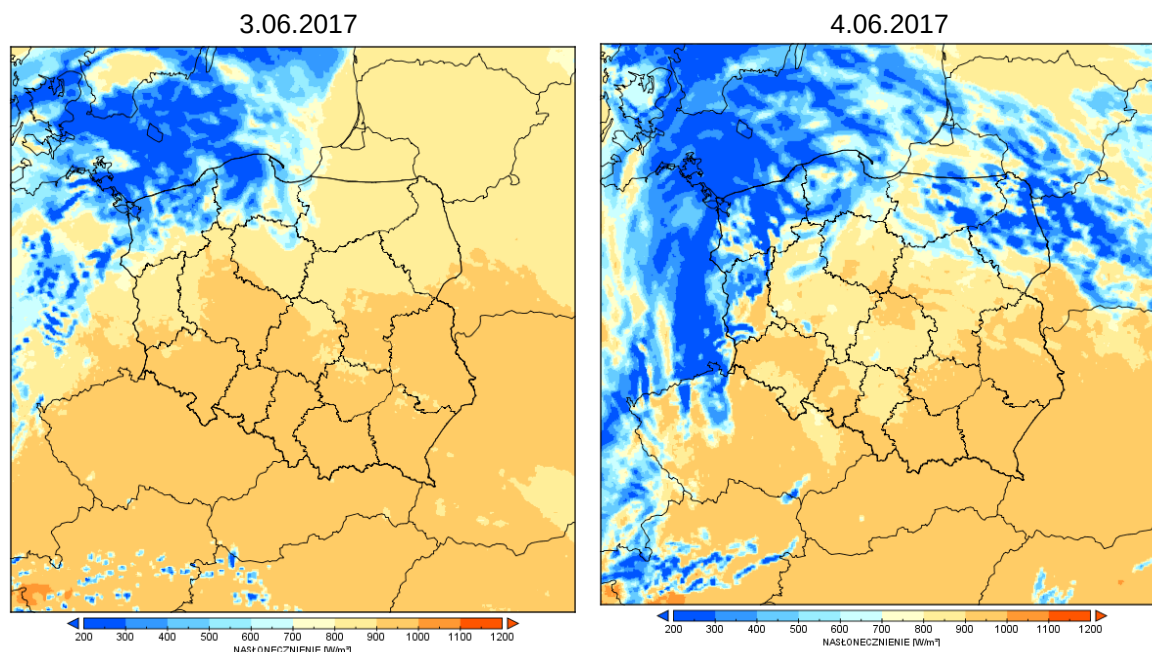
Rysunek 112. Analiza synoptyczna w dniu 4.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

W tym czasie słonecznie pozostawało już tylko Podkarpacie, Lubelszczyzna i część Podlasia, lokalne przejaśnienia rejestrowane były ponadto na wschodnim Mazowszu. Na zachodzie i północy występowały deszcze – początkowo przelotne, następnie przechodzące w opad ciągły. W nocy front przesunął się nad wschodnią Polskę, a strefa zbieżności znalazła się już nad Ukrainą. Do kraju napływało z zachodu chłodniejsze powietrze, w którym zaczął się następnie rozbudowywać kolejny klin wyżowy. Epizod podwyższonych stężeń ozonu definitywnie się zakończył.



Rysunek 113. Temperatura powietrza w dn. 03-04.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne

Temperatura w kraju w pierwszym dniu epizodu była silnie zróżnicowana. Od południowego zachodu napływały masy gorącego powietrza, podczas gdy na północnym wschodzie temperatura otoczenia nie przekraczała 16°C. W drugim dniu epizodu cała centralna część Polski była pod wpływem upalnego powietrza (30-32°C), jedynie na krańcach północno-wschodnim i północno-zachodnim obecne były jeszcze masy chłodnego powietrza.

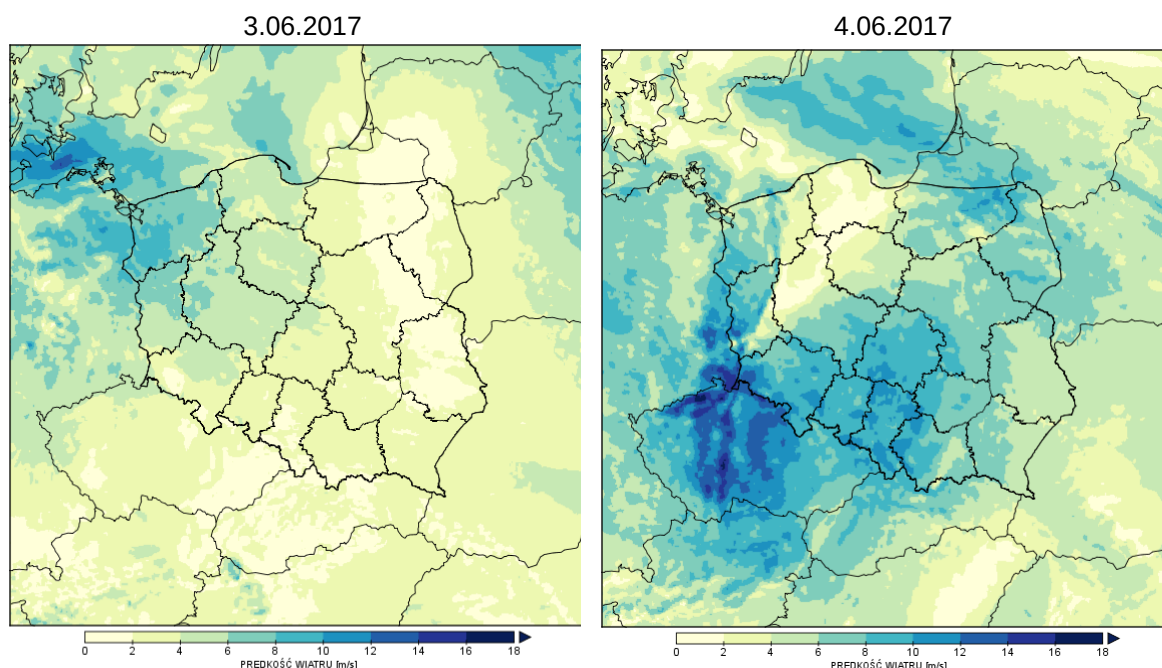


Rysunek 114. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 03-04.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF.

Źródło: opracowanie własne.

Natężenie promieniowania słonecznego było duże w przeważającej części kraju, jedynie w województwach pomorskim i zachodniopomorskim widoczne było duże zachmurzenie, które drugiego dnia występowania epizodu objęło swym zasięgiem również województwo lubuskie i podlaskie oraz warmińsko-mazurskie.

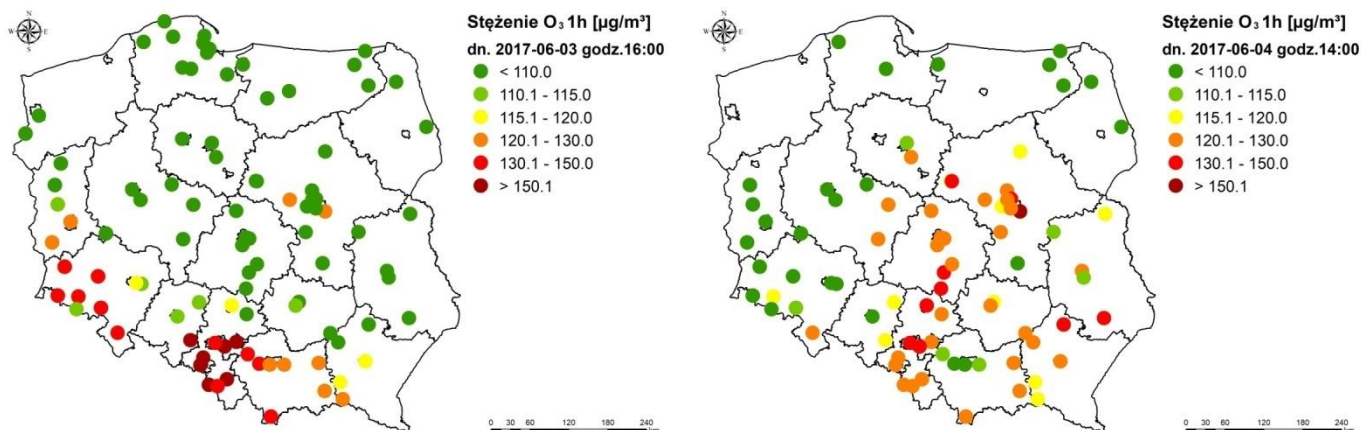
Prędkość przepływu mas powietrza była w całym kraju stabilna i nie przekraczała 4 m/s, poza województwem zachodniopomorskim, gdzie prędkość sięgała do 6 m/s. W drugim dniu sytuacja uległa zmianie i częściowo w województwach lubuskim, dolnośląskim, opolskim, śląskim i warmińsko-mazurskim prędkość wiatru dochodziła do 10-12 m/s.



Rysunek 115. Prędkość wiatru w dn. 03.06.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

7.8.2 Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

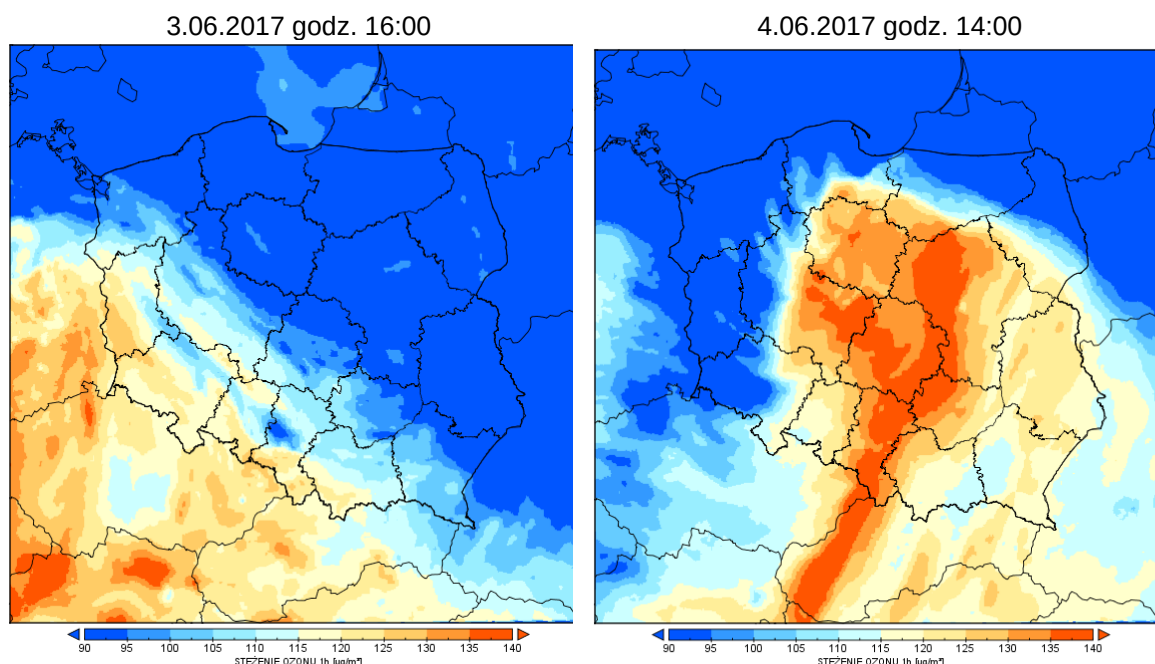
Analiza zasięgu trwania epizodu na podstawie wyników pomiarów wskazuje na regionalny charakter wystąpienia wysokich stężeń. Wysokie stężenia ozonu w pierwszym dniu epizodu regionalnego wystąpiły na stacjach w województwie śląskim, małopolskim, dolnośląskim, a także lubuskim i opolskim.



Rysunek 116. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 3 czerwca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Epizod regionalny skumulował najwyższe stężenia na stacjach w południowej części kraju. Najwyższe stężenie wystąpiło na stacji w Wodzisławiu godzinę do wystąpienia wysokich stężeń na największej liczbie stacji pomiarowych. W drugim dniu epizodu, kiedy przez 8 lub więcej godzin wysokie stężenia występowały zaledwie na 3 stacjach jednocześnie największy zasięg wysokich stężeń występował

w województwach centralnych i południowych. Zmniejszyły się stężenia w województwie dolnośląskim, lubuskim i opolskim, natomiast wzrosły w województwach łódzkim, mazowieckim, świętokrzyskim podkarpackim i lubelskim.

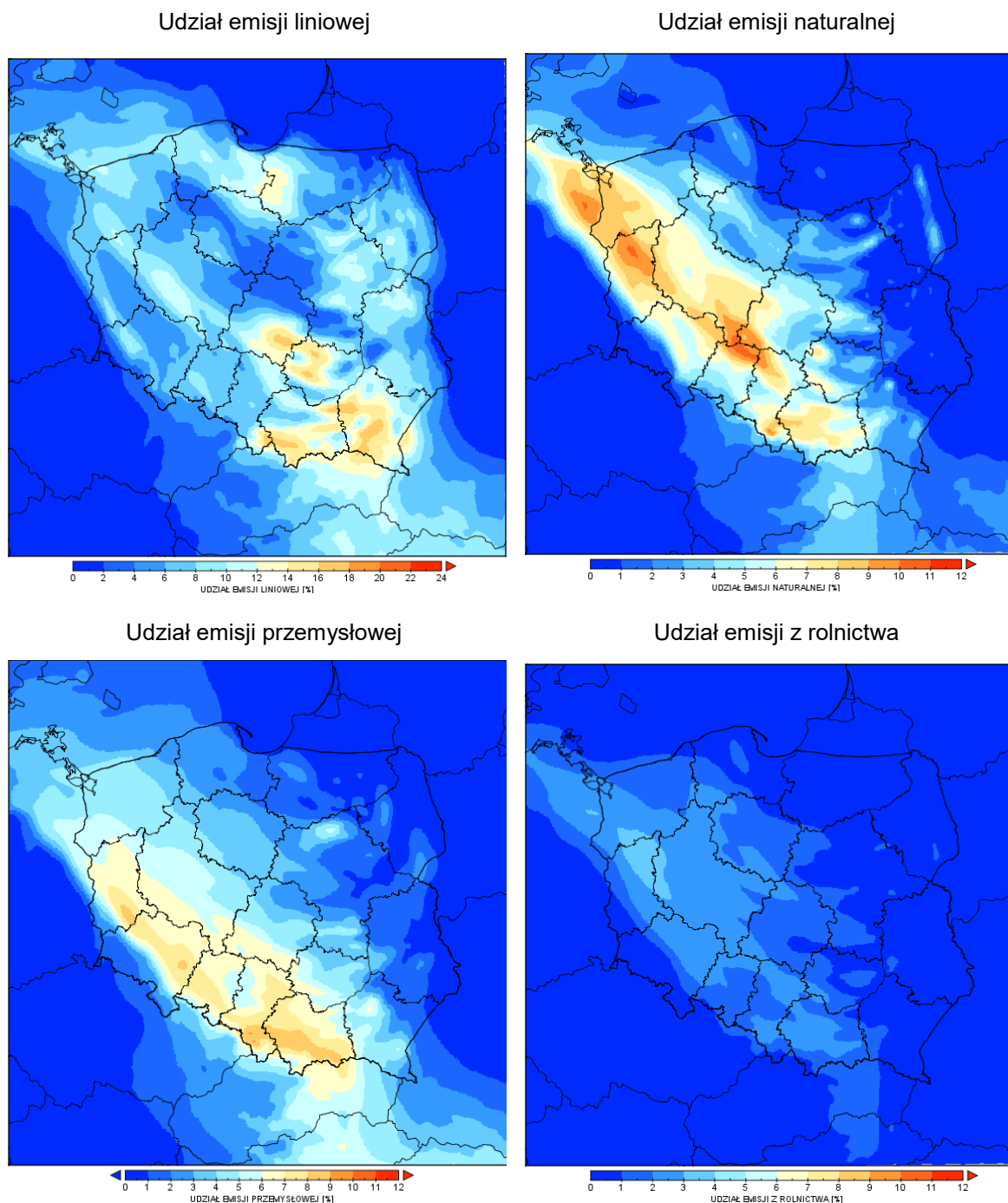


Rysunek 117. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 3 i 4.06.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Wyniki modelowania potwierdzają sytuację występującą w pomiarach i w pierwszym dniu epizodu najwyższe stężenia wystąpiły w południowej części kraju. Drugi dzień trwania epizodu w wynikach modelowania odznacza się wysokimi stężeniami w centralnej części kraju, szczególnie w pasie województw śląskiego, łódzkiego i mazowieckiego. Pokrywa się to z układem stężeń występujących na stacjach pomiarowych w trakcie wystąpienia największego zasięgu wysokich stężeń.

7.8.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

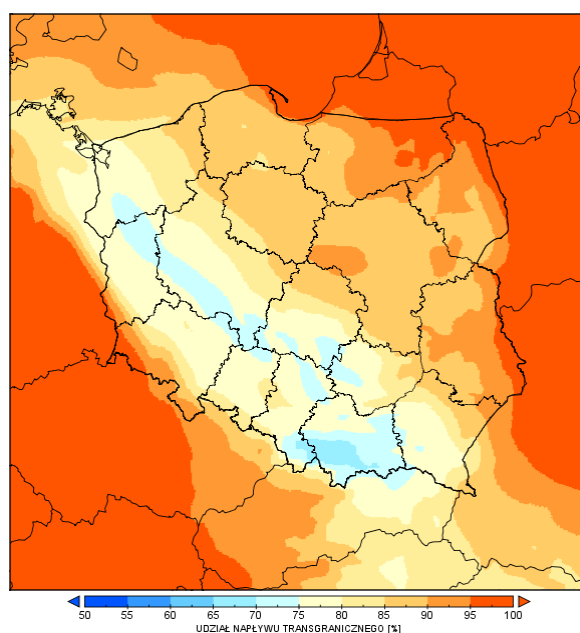
Udział źródeł emisji w tworzeniu się stężeń ozonu wskazuje na znaczny udział emisji liniowej w obszarach województwa małopolskiego, podkarpackiego, łódzkiego i świętokrzyskiego sięgający 16%. Do tego udziału należy jeszcze dołożyć udział źródeł przemysłowych, który dochodzi do 9%, a także udział źródeł naturalnych na poziomie 11%. Takie udziały występują w województwach opolskim, części południowej województwa wielkopolskiego i łódzkiego, województwie lubuskim i zachodniopomorskim. Największy udział źródeł krajowych w trakcie pierwszego dnia epizodu wystąpił w zachodniej części kraju.



Rysunek 118. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 03.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła transgraniczne wpływały na stężenia ozonu głównie na obszarze województw wschodnich i północno-wschodnich, gdzie maksymalnie sięgał 95%. Najniższy udział wyliczono dla obszarów województw zachodnich, gdzie zwiększył się udział źródeł krajowych.

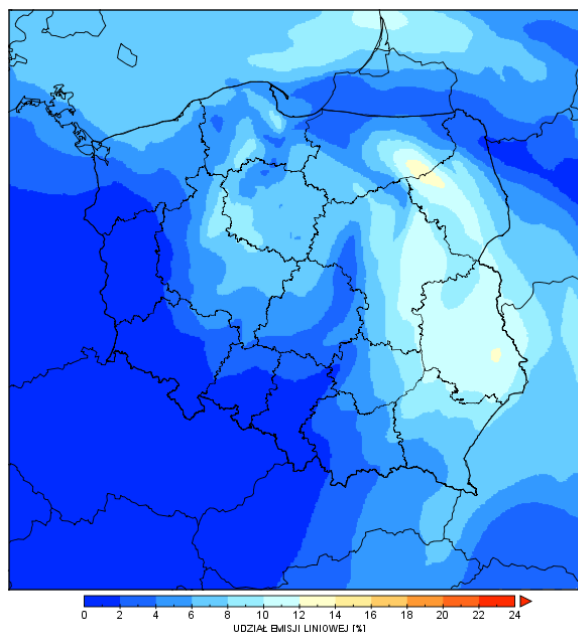
Napływ transgraniczny



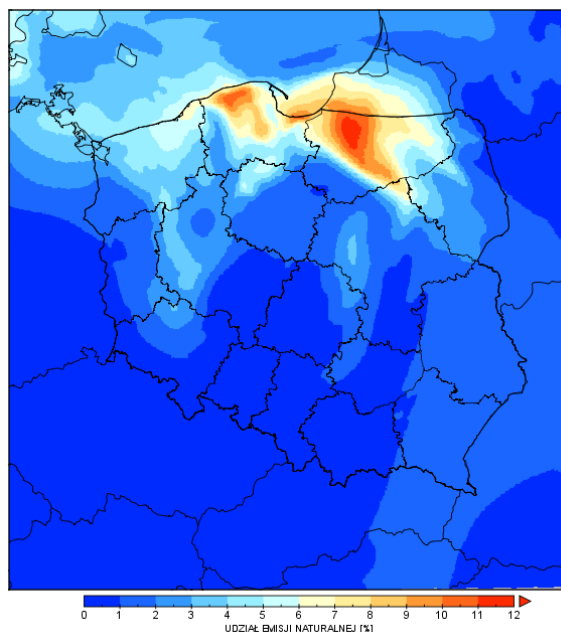
Rysunek 119. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 03.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

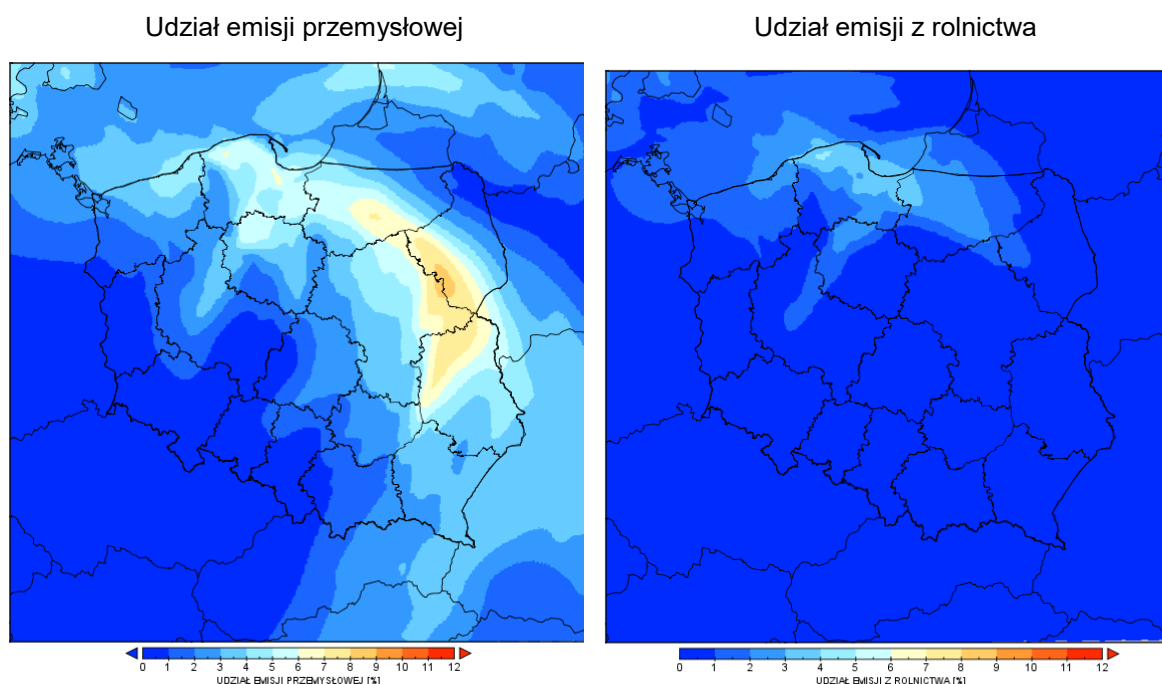
W drugim dniu epizodu, kiedy długość trwania wysokich stężeń skróciła się i tylko na trzech stacjach wystąpiły stężenia powyżej 8 godzin, udział źródeł krajowych również zmienił się. Zwiększył się udział źródeł naturalnych w województwie warmińsko-mazurskim i pomorskim, natomiast zmniejszył się udział źródeł liniowych, gdzie maksymalnie do 12% sięga on w województwie lubelskim i podlaskim.

Udział emisji liniowej



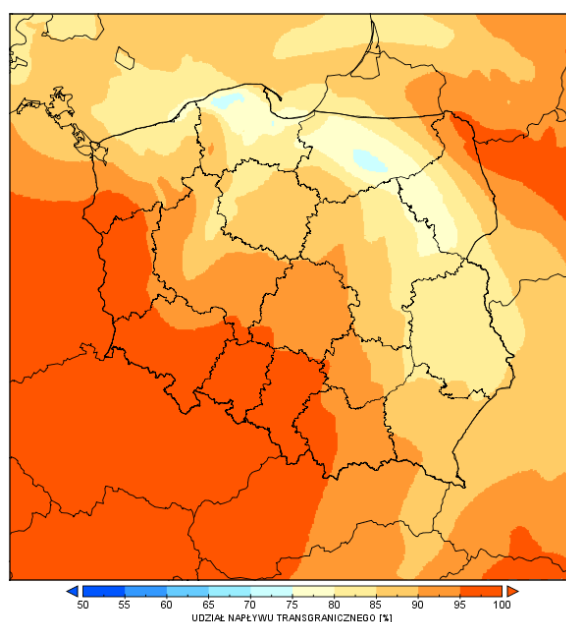
Udział emisji naturalnej





Rysunek 120. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 04.06.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Udział źródeł przemysłowych podobnie jak źródeł liniowych wzrósł w województwie lubelskim, podlaskim i warmińsko-mazurskim, a w pozostałych spadł w stosunku do pierwszego dnia epizodu. Źródła rolnicze nie odegrały żadnego wpływu na kształtowanie się stężeń ozonu.



Rysunek 121. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 04.06.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

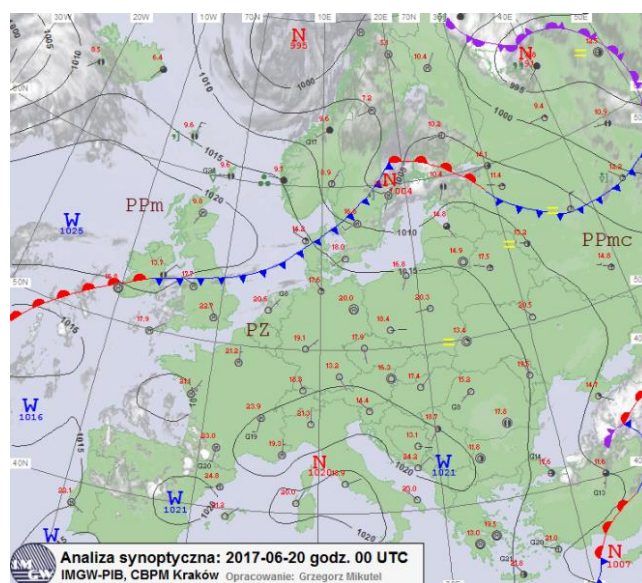
Źródła transgraniczne wpływały w największym stopniu na stężenia w województwach zachodnich i południowych, gdzie ich udział sięgał 95%, czyli był decydujący. Najniższe udziały są w obszarach, gdzie wzrósł udział źródeł krajowych.

7.9. Epizod 20 czerwca 2017

Epizod w dniu 20 czerwca miał charakter regionalny. Objął 10 stacji położonych w południowej i południowo-zachodniej Polsce, w województwach dolnośląskim, lubuskim, śląskim i małopolskim. W czasie maksymalnego zasięgu ilość stacji łącznie rejestrujących wysokie stężenia ozonu dochodziła do 38. Długość trwania epizodu na poszczególnych stacjach wynosiła przeważnie 8-9 godzin, jedynie w Wałbrzychu doszła do 11. Maksymalne stężenia rejestrowano między godziną 13:00 a 19:00. Najwyższe stężenie zanotowano o godzinie 17:00 we Wrocławiu: $156,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

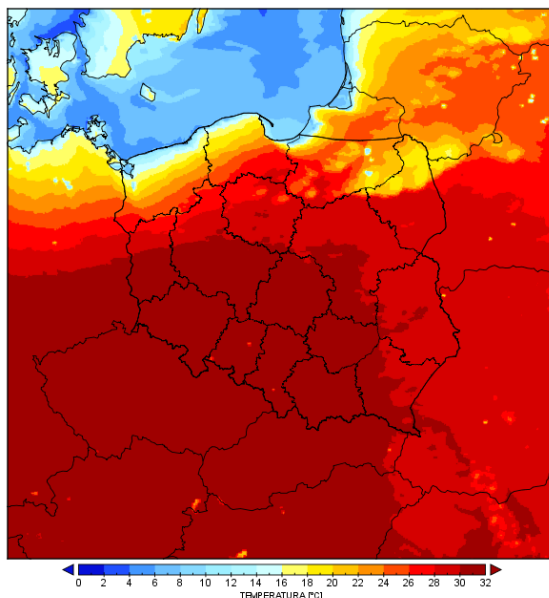
7.9.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

Rozległy wyż, który w poprzednich dniach dominował nad Europą Środkową i południową przesunął się na południe. Ciepłe powietrze zwrotnikowe i polarne, które zalegało nad krajem jeszcze o północy 20 czerwca osiągało w Warszawie temperaturę powyżej 20°C . Prędkości wiatru w nocy były niewielkie, a niebo bezchmurne. Jednak od północy znad Danii i południowej Szwecji nadciągał już równoleżnikowo ułożony front chłodny, który w południe dotarł do linii Gorzów Wlkp. – Suwałki. W związku z dużą energią konwekcji w ciepłym powietrzu nadciąganie frontu poprzedzał rozwój chmur kłębiastych Cu i Cb oraz wzrost prędkości i porywistości wiatru w województwach północnych. Zachmurzenie w ciągu dnia wzrastało, na Warmii i Mazurach odnotowano przelotne opady i burze. Ośrodek niżowy, powstały z zafalowania na froncie chłodnym, przesunął się nad Zatokę Fińską, a na zapleczu frontu chłodnego zaczął się przemieszczać kolejny układ wyżowy, migrujący znad Wysp Brytyjskich w stronę Morza Północnego.



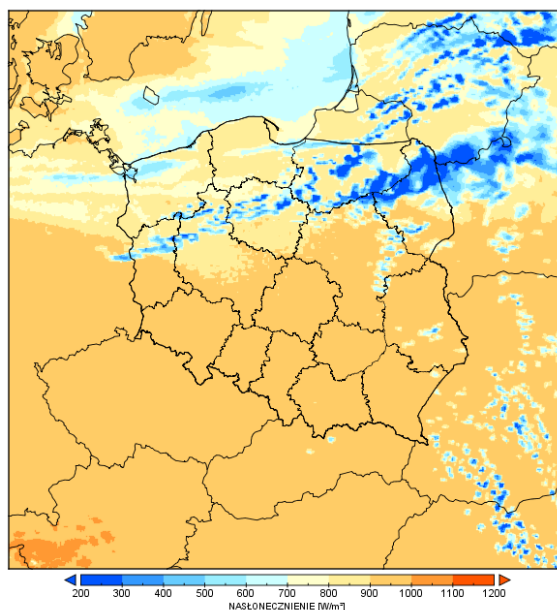
Rysunek 122. Analiza synoptyczna w dniu 20.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

W środkowej i południowej Polsce w ciągu dnia było gorąco, na Dolnym Śląsku temperatura już w południe osiągnęła 31,5°C, a na Mazowszu 28,8°C. Nad morzem było zdecydowanie chłodniej, w Gdańsku zanotowano w tym samym czasie 21,9 °C. Wiatr zmienił kierunek na północno-zachodni na północy kraju i zachodni poniżej linii frontu. W ciągu dnia front chłodny przesuwał się na południe. Pod koniec doby osiągnął linię Cieszyn – Tomaszów Lubelski i w kolejnych godzinach przemieścił się poza granice kraju, wypierając ciepłe powietrze i związane z nim podwyższone stężenia ozonu.



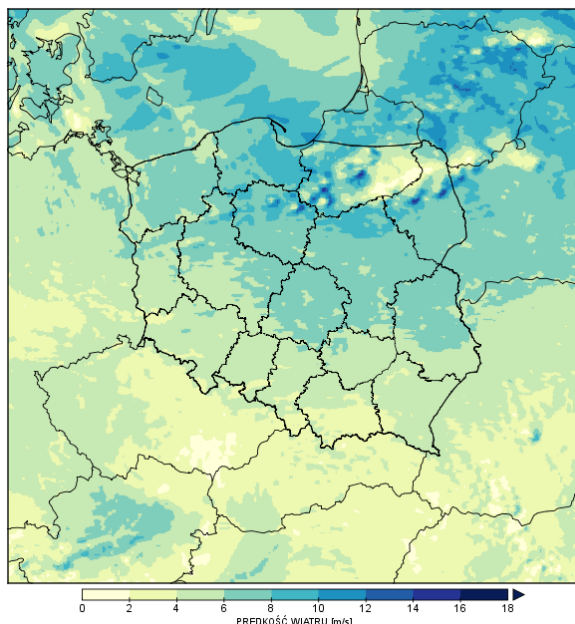
Rysunek 123. Temperatura powietrza w dn. 20.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Temperatura w prawie całym kraju w dniu epizodu była bardzo wysoka do 32°C. Jedyne w północnej części kraju temperatura otoczenia była tworzona przez chłodne masy powietrza znad Bałtyku.



Rysunek 124. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 20.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Natężenie promieniowania słonecznego największe było w południowej i centralnej części kraju, z lekkim zachmurzeniem na północy Polski. W obszarze występowania wysokich stężeń ozonu brak było zachmurzenia.

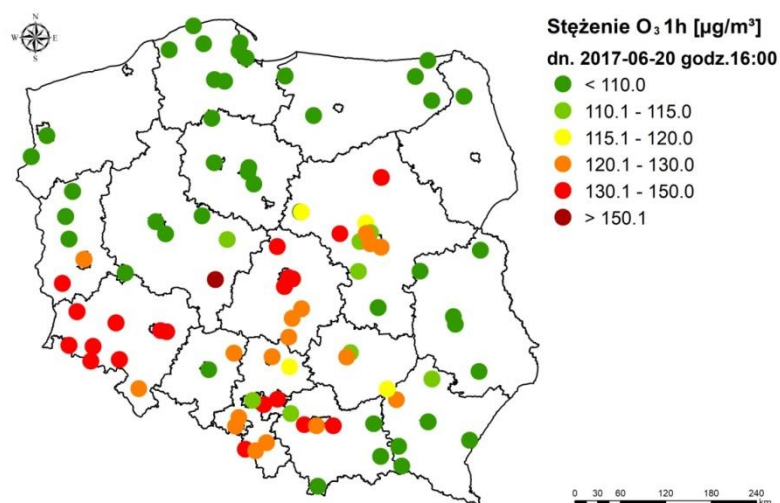


Rysunek 125. Prędkość wiatru w dn. 20.06.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Prędkość przepływu mas powietrza była w całym kraju dość stabilna i na przeważającym terenie nie przekraczała 6 m/s, poza województwem podlaskim i warmińsko-mazurskim, gdzie prędkość sięgała miejscami do 12 m/s. Na południu kraju prędkość wiatru była niewielka (do 4 m/s).

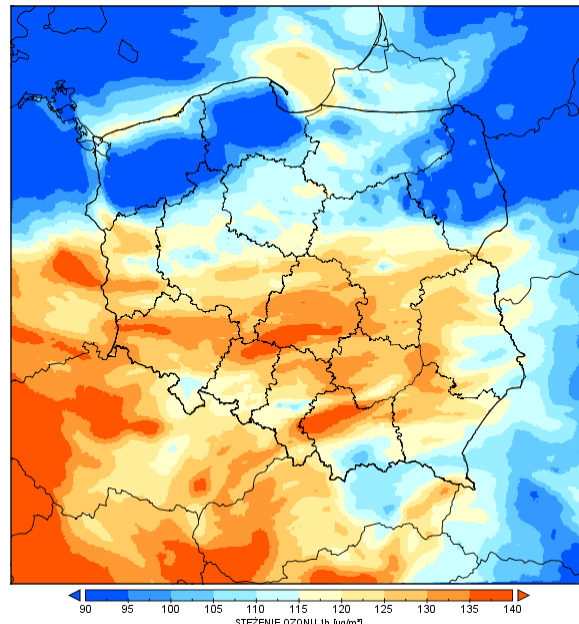
7.9.2 Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

Największy zasięg epizodu wysokich stężeń wystąpił o godzinie 16:00 i objął maksymalnie 38 stacji, z czego tylko na 10 wysokie stężenia wystąpiły nieprzerwanie przez 8 i więcej godzin. Epizod objął województwa lubuskie, dolnośląskie, łódzkie, mazowieckie, łódzkie, śląskie i małopolskie. Najwyższe stężenie wystąpiło godzinę po wystąpieniu największego nasilenia wysokich stężeń na stacji we Wrocławiu.



Rysunek 126. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 20 czerwca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

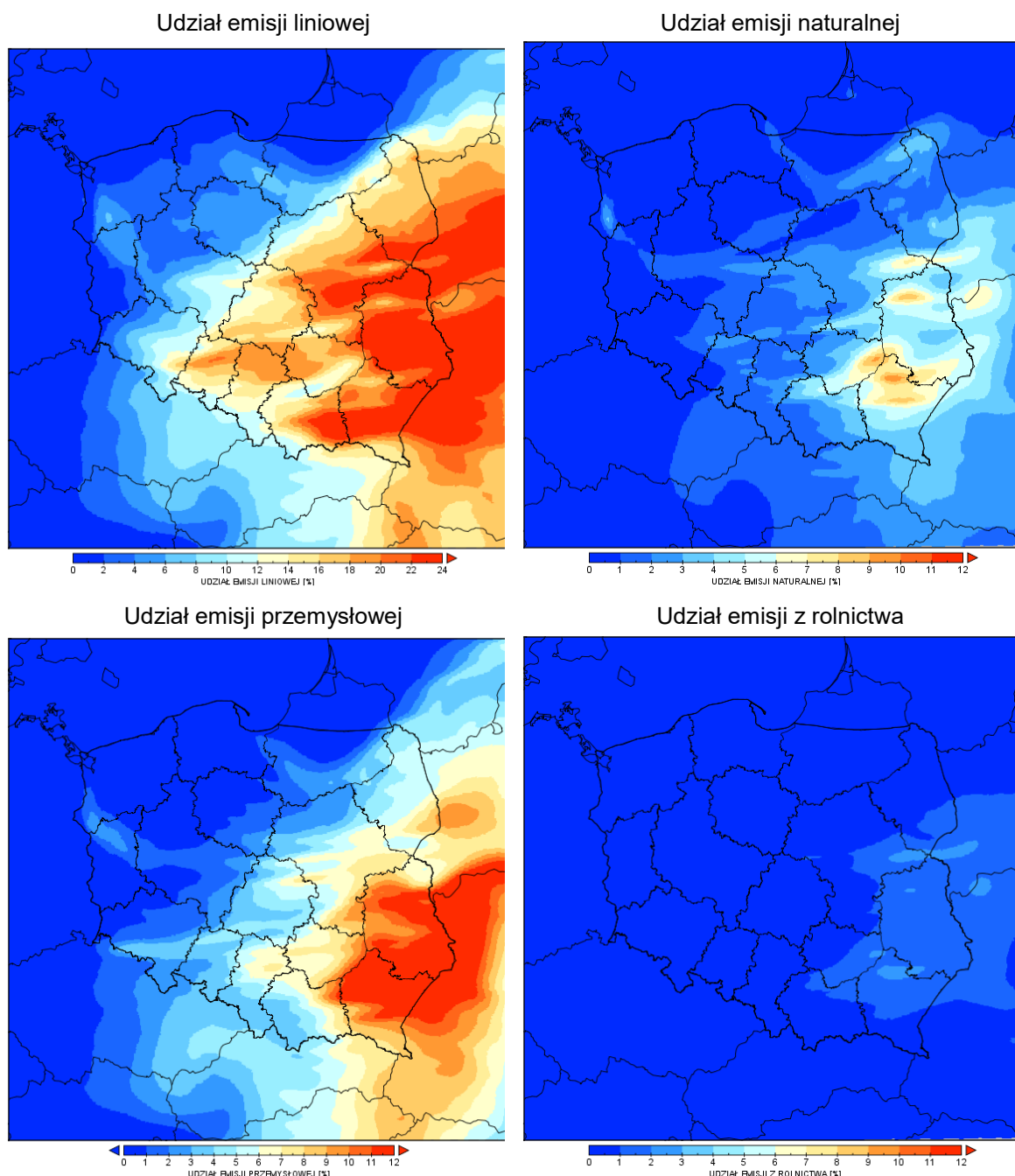
Wyniki modelowania dla ozonu potwierdzają wysokość stężeń ozonu występującą w pomiarach. Obszar wysokich stężeń wystąpił w wynikach modelowania również w obszarze centralnym kraju. Najwyższe stężenia sięgające powyżej $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w województwie łódzkim, dolnośląskim i małopolskim. Najniższe stężenia wystąpiły w województwie zachodniopomorskim i pomorskim oraz podlaskim, podobnie jak w wynikach pomiarów.



Rysunek 127. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 20.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.9.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

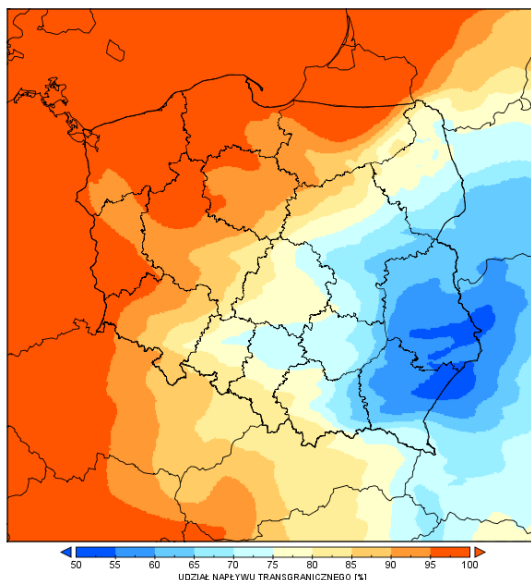
Epizod można również analizować pod względem udziału poszczególnych źródeł emisji prekursorów, które przyczyniły się do powstawania ozonu w powietrzu. Źródła krajowe na podstawie wyników modelowania wpływają na powstawanie ozonu w województwach wschodnich. Chodzi głównie o źródła liniowe i przemysłowe, których udział sięga odpowiednio 22% i 12%. Największy udział źródeł przemysłowych wynika z modelowania w województwach lubelskim i podkarpackim.



Rysunek 128. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła emisji naturalnej wykazały wpływ na stężenia ozonu również w obszarze wschodnich województw, gdzie ich udział sięgał 9%. Napływ transgraniczny w obszarze występowania wysokich stężeń ozonu wpływał w znaczący sposób na wystąpienie epizodu. W centralnej części kraju udział źródeł transgranicznych wynosił od 65 do 80%.

Napływ transgraniczny



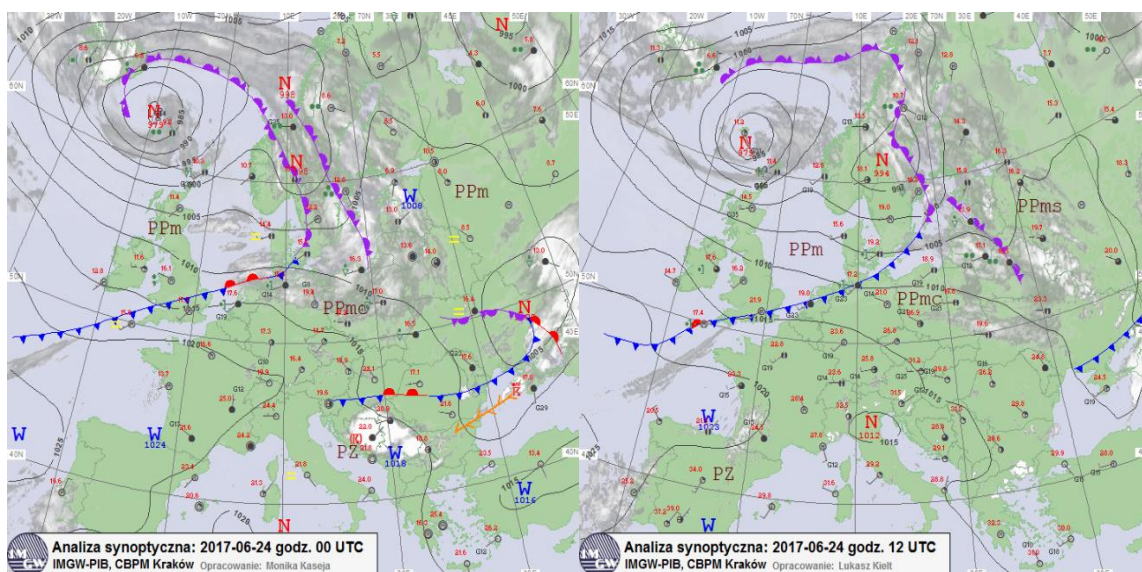
Rysunek 129. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.10. Epizod 24-25 czerwca 2017

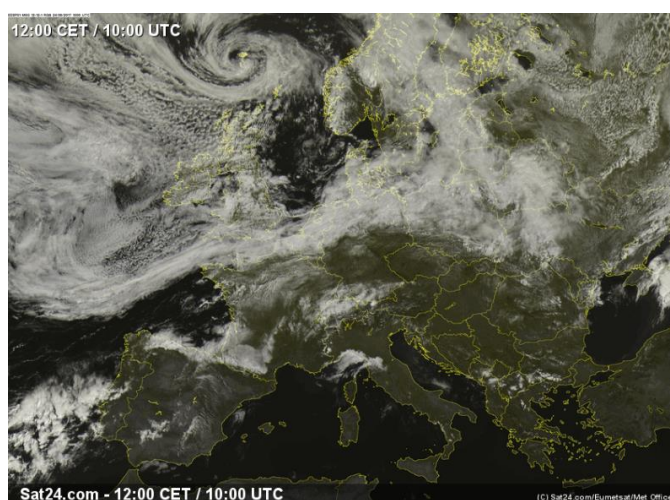
W dniach 24-25 czerwca odnotowano lokalny epizod obejmujący 4 do 6 stacji na południu Polski. Na Dolnym Śląsku wysokie stężenia ozonu odnotowano wyłącznie 24.06, przy czym przekroczenie długości trwania wysokich stężeń zarejestrowano na stacji w Kłodzku. Tu także wysokość stężenia była najwyższa ($145,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), o godzinie 18.00. Podobnie było w województwie śląskim, gdzie przekroczenie odnotowano tylko w pierwszym dniu, w Katowicach. W Małopolsce wysokie stężenia ozonu odnotowano w obu dniach, z przekroczeniami na stacjach w Szarowie i Kaszowie. Natomiast w drugiej dobie epizodu, 25.06, przekroczenia odnotowano na Podkarpaciu, na stacjach w Mielcu i Nisku oraz w województwie świętokrzyskim, w Połańcu. Żadne z przekroczeń nie trwało dłużej niż 9 godzin. Maksima występowały między godziną 13:00 a 17:00 i doszły do $147,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Szarowie o godzinie 15:00.

7.10.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W poprzedniej dobie występowały opady związane z przejściem komórek mezoskalowego systemu konwekcyjnego przekształconych w system warstwowych chmur średnich i niskich, które w ciągu dnia przemieszczały się nad wschodnią Polską. Na zachodzie i południu, gdzie wraz z przejaśnieniami pojawił się silniejszy dopływ energii ze Słońca, szybko rozbudowywały się chmury kłębiaste, po południu przynoszące burze. Temperatura nieznacznie przekraczała 20 stopni. Jednak wieczorem od północnego zachodu zaczęło napływać chłodniejsze, morskie powietrze znan z Danii.



Rysunek 130. Analiza synoptyczna w dniu 24.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).



Rysunek 131. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 24 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com)

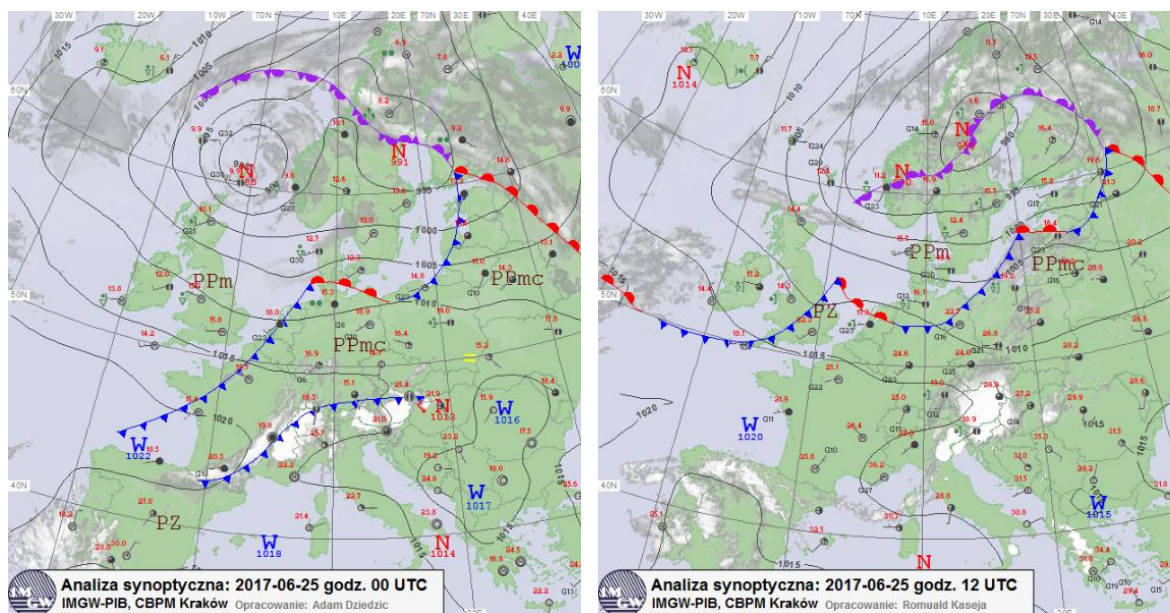
W dniu 24 czerwca nad większością kraju zachmurzenie było duże, a temperatura nie przekraczała 20°C. Rozległa strefa zachmurzenia tworzona głównie przez chmury piętra średniego oraz powstające na skutek nagrzewania chmury

konwekcyjne typu cumulus i stratocumulus. Częściowo związana była także z układem frontów atmosferycznych, z których pierwszy w ciągu nocy z 23 na 24 czerwca przemieścił się na wschód, poza granice naszego kraju, nad Białoruś, Litwę i Łotwę, ulegając okluzji, drugi zaś, rozdzielający masy powietrza polarno-morskiego ciepłego na południu i polarno-morskiego świeżego na północy, zbliżał się do naszych północnych rubieży. W południe front ten przebiegał od Kanału La Manche przez północne Niemcy i dalej wzdłuż osi Morza Bałtyckiego, skręcając na północ w okolicach Sztokholmu, w stronę centrum ośrodka niżowego sterującego tym układem. Ośrodek niżowy, przechodzący w tym dniu przez barierę Gór Skandynawskich, pogłębiał się z biegiem czasu i przemieszczał powoli w kierunku wschodnim. Rozpogodzenia widoczne były natomiast na południu i południowym zachodzie kraju, gdzie obecne były głównie chmury piętra wysokiego. Tam też było najcieplej i jednocześnie notowano najwyższe stężenia ozonu.

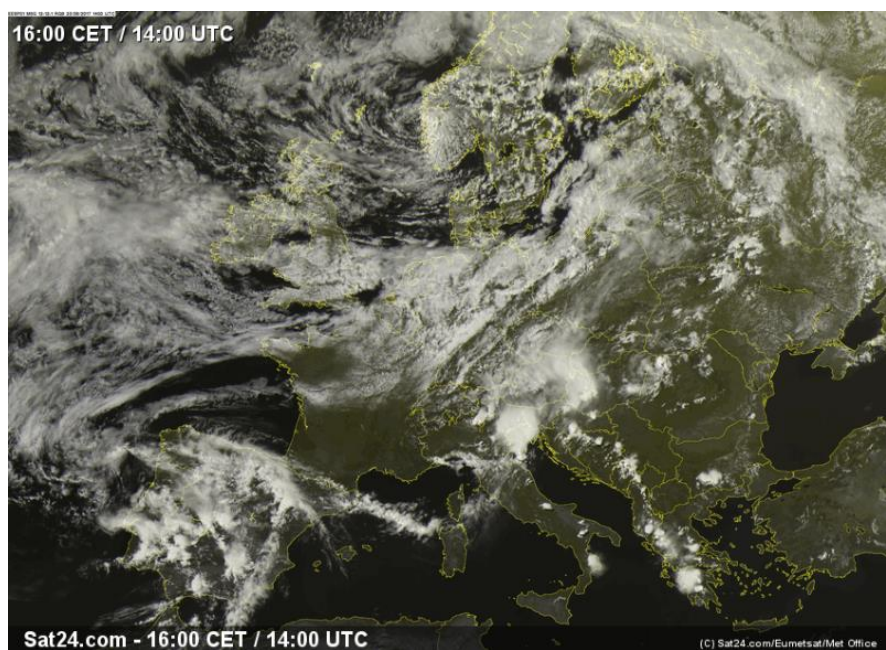
Dominował wiatr z kierunku zachodniego, umiarkowany lub dość silny, na południowym Bałtyku i wybrzeżu wzrastający do dużego. W wyższych partiach troposfery, na wysokości 9-11 km, występował zachodni prąd strumieniowy o prędkości 200-250 km/h. Powyżej warstwy granicznej prędkości wiatru wynosiły około 80 km/h i okresami przenosząc się wraz z rozwiniętymi chmurami konwekcyjnymi do podłoża powodowały silniejsze porywy wiatru.

W dniu 25.06 wir niżowy przeniósł się nad Zatokę Botnicką i Finlandię, a front chłodny wkroczył nad północno-zachodnią Polskę, gdzie napłynęło chłodne powietrze z zachodu. W ciągu dnia front przemieszczał się głównie w kierunku północno-wschodnim, w związku z czym adwekcja chłodu nie postępowała dalej w głąb kraju, natomiast w ciepłym wycinku niewielkiej zatoki niżowej tworzącej się na zafalowaniu frontu chłodnego, zaczęło napływać do nas cieplejsze powietrze z zachodu i południowego zachodu. W ciągu dnia temperatura powietrza była znacznie wyższa niż w poprzedniej dobie. Już w południe osiągnęła 26,8 °C na Dolnym Śląsku i około 28°C na Podkarpaciu.

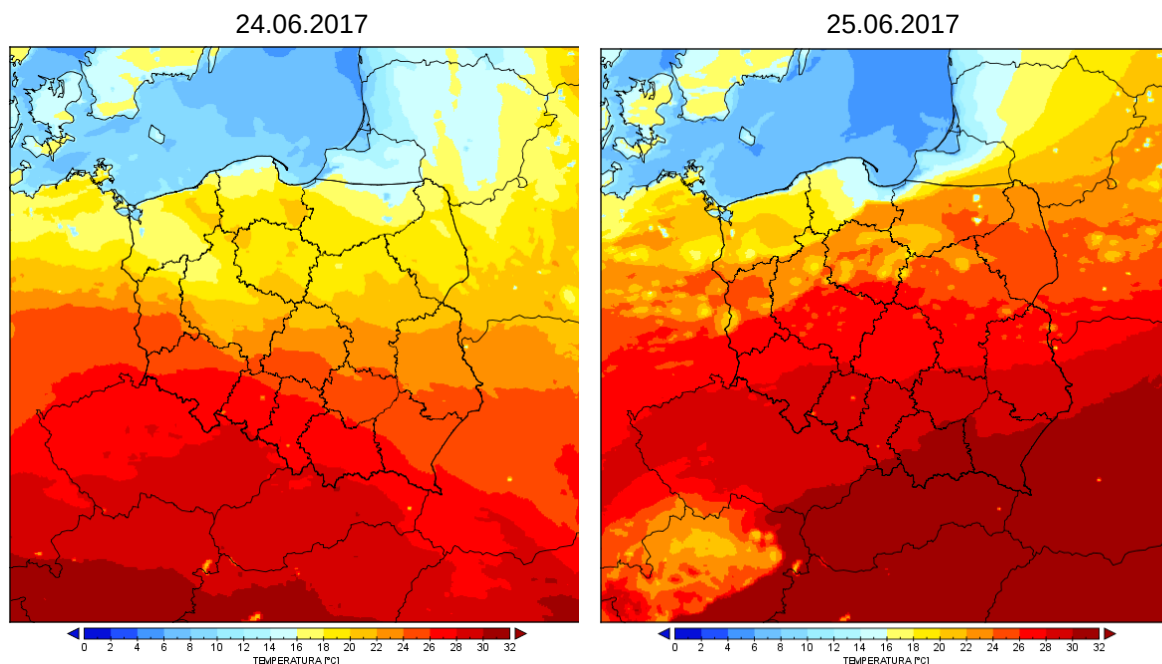
Zachmurzenie było dość duże, przede wszystkim w zachodniej i północnej części kraju, tam też występowały przelotne opady. Więcej przejaśnień obserwowano w Małopolsce, na Śląsku, Kielecczyźnie i Podkarpaciu, gdzie również odnotowano najdłużej trwające podwyższone stężenia ozonu.



Rysunek 132. Analiza synoptyczna w dniu 25.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

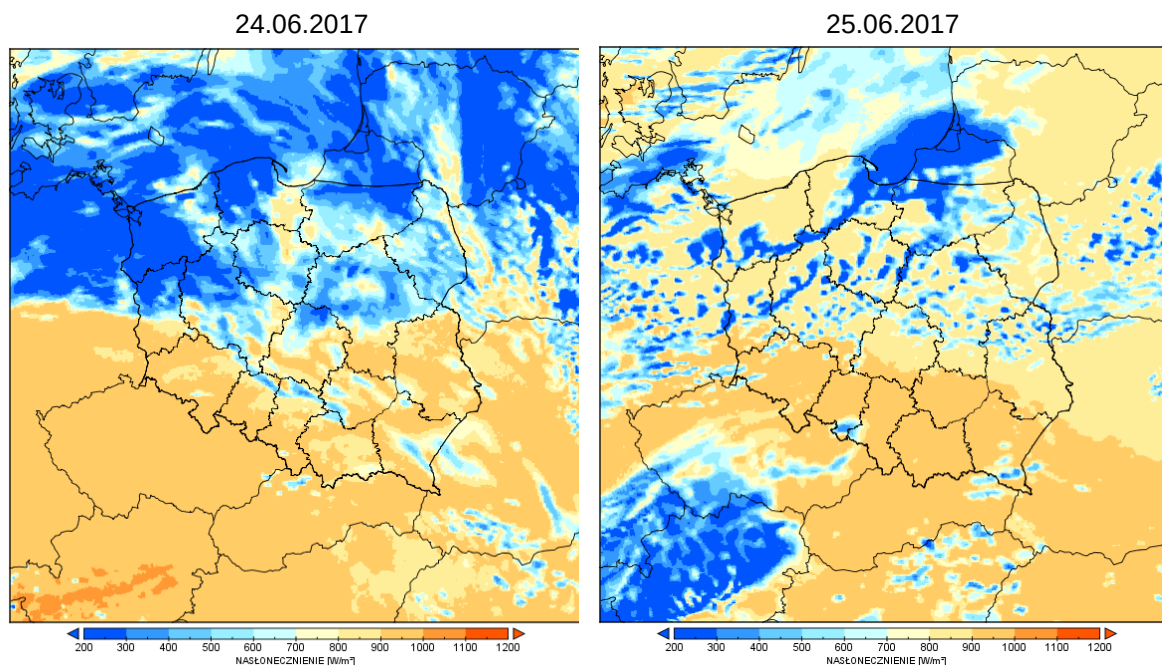


Rysunek 133. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 25 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com)



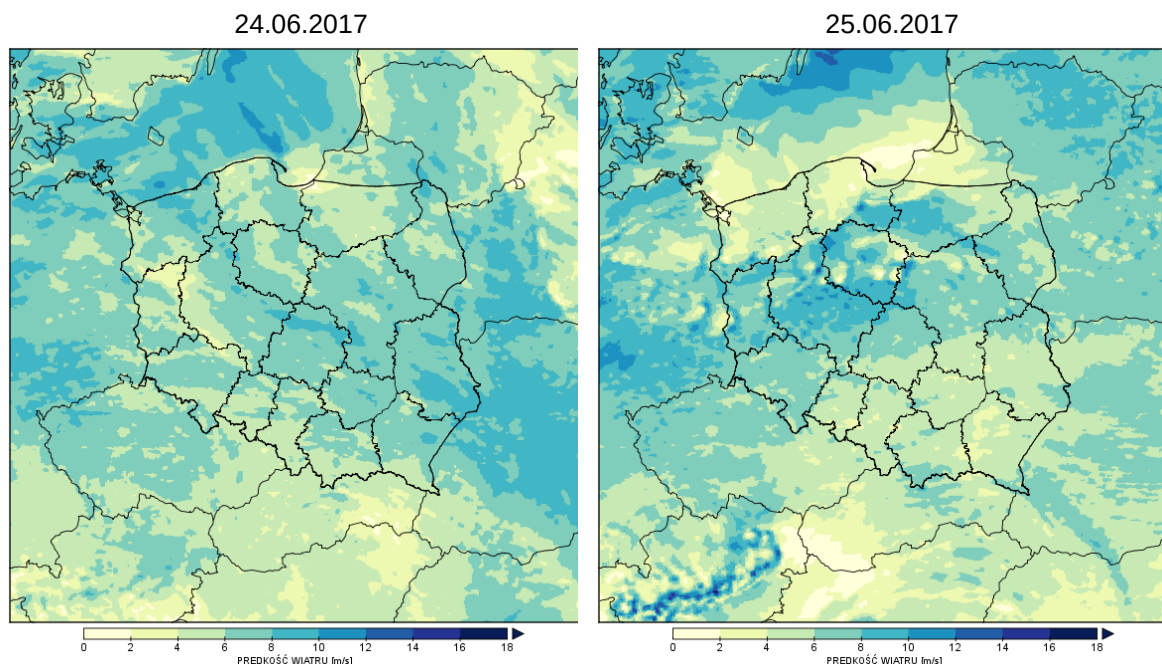
Rysunek 134. Temperatura powietrza w dn. 24-25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)

Od południowego zachodu na teren Polski napływały masy gorącego powietrza, które w pierwszym dniu epizodu zajmowały tylko południową część kraju, na północy wówczas temperatura otoczenia nie przekraczała 20°C. W drugim dniu na południowym wschodzie temperatury dochodziły do 32°C i w całym kraju były stosunkowo wysokie, jedynie w województwie pomorskim widoczne było oddziaływanie chłodnych mas powietrza z Bałtyku.



Rysunek 135. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 24-25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego największe było w południowej części kraju, na północy w pierwszym dniu występowało silne zachmurzenie, w drugim dniu epizodu zachmurzenie zmalało.

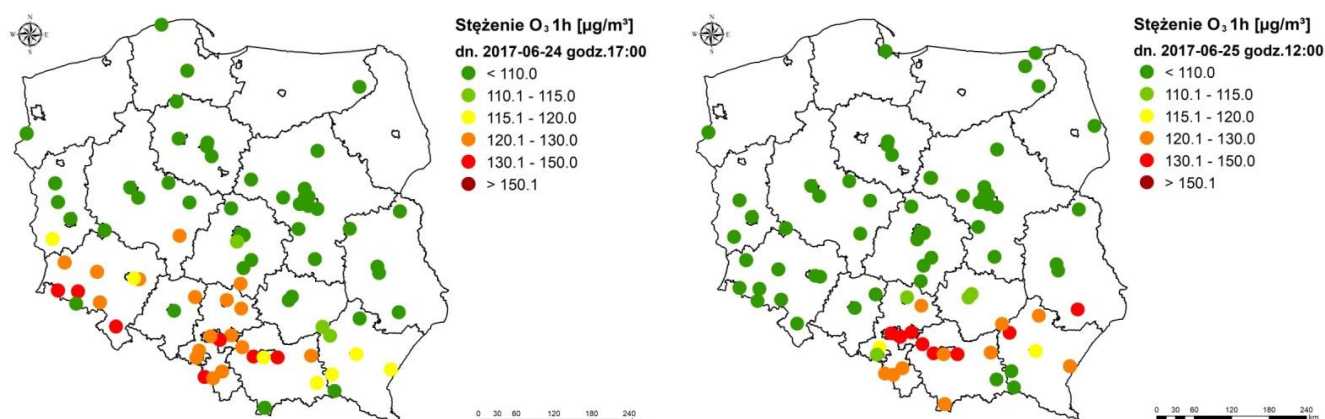


Rysunek 136. Prędkość wiatru w dn. 24-25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)

Prędkość przepływu mas powietrza była w całym kraju stabilna pierwszego dnia epizodu, w drugim dniu wyraźne było zróżnicowanie prędkości wiatru w centralnej części kraju (do 10 m/s) w pozostałej części kraju prędkość wiatru była mała do 4 m/s.

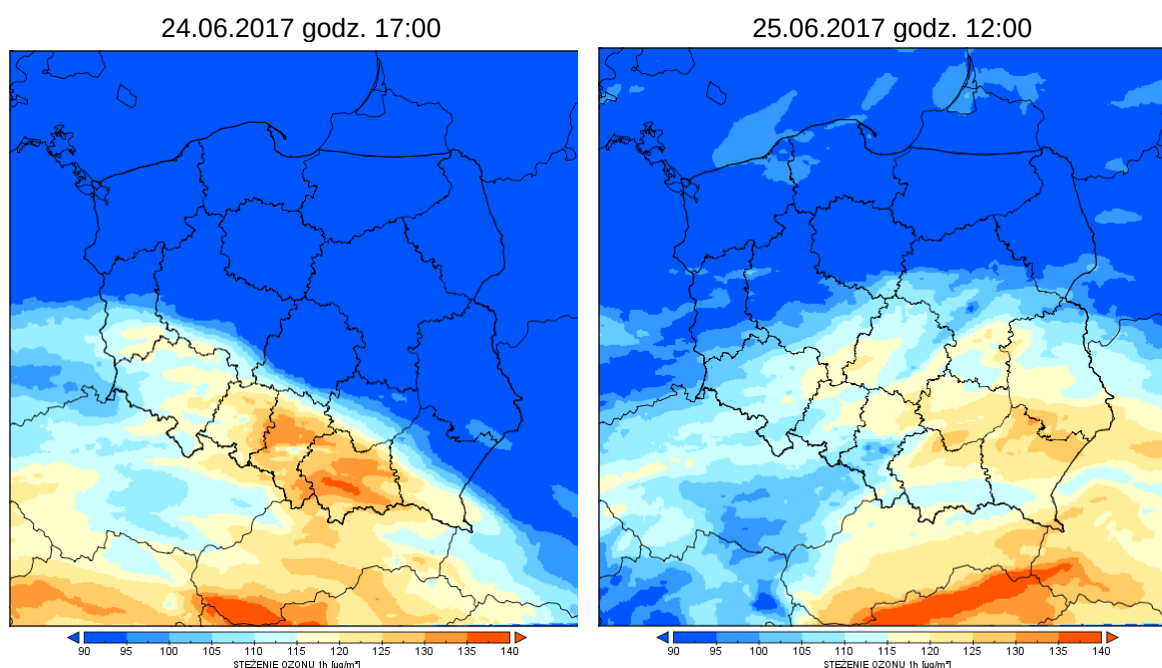
7.10.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Epizod w dniach 24-25 czerwca miał charakter lokalny i występował na maksymalnie 6 stacjach nieprzerwanie przez 8 godzin. Maksymalne stężenie wystąpiło na stacji w Szarowie i wynosiło $147,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 15:00. Największy zasięg wysokich stężeń obejmował 24 stacje pomiarowe w dniu 24 czerwca i 18 stacji 25 czerwca. Wysokie stężenia występowały w południowej części kraju w województwach śląskim, dolnośląskim i małopolskim a w drugim dniu epizodu na stacjach w województwie podkarpackim, małopolskim i śląskim. Cały pozostały obszar kraju posiadał stężenia nie przekraczające $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 137. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 24 i 25 czerwca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Wyniki modelowania w większości pokrywają się z wynikami pomiarów w tych dniach. W pierwszym dniu epizodu najwyższe stężenia wystąpiły w województwach małopolskim i śląskim oraz opolskim. W ramach drugiego dnia epizodu zmniejszyły się modelowane stężenia w części województw i powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występowały tylko w województwie podkarpackim i świętokrzyskim.

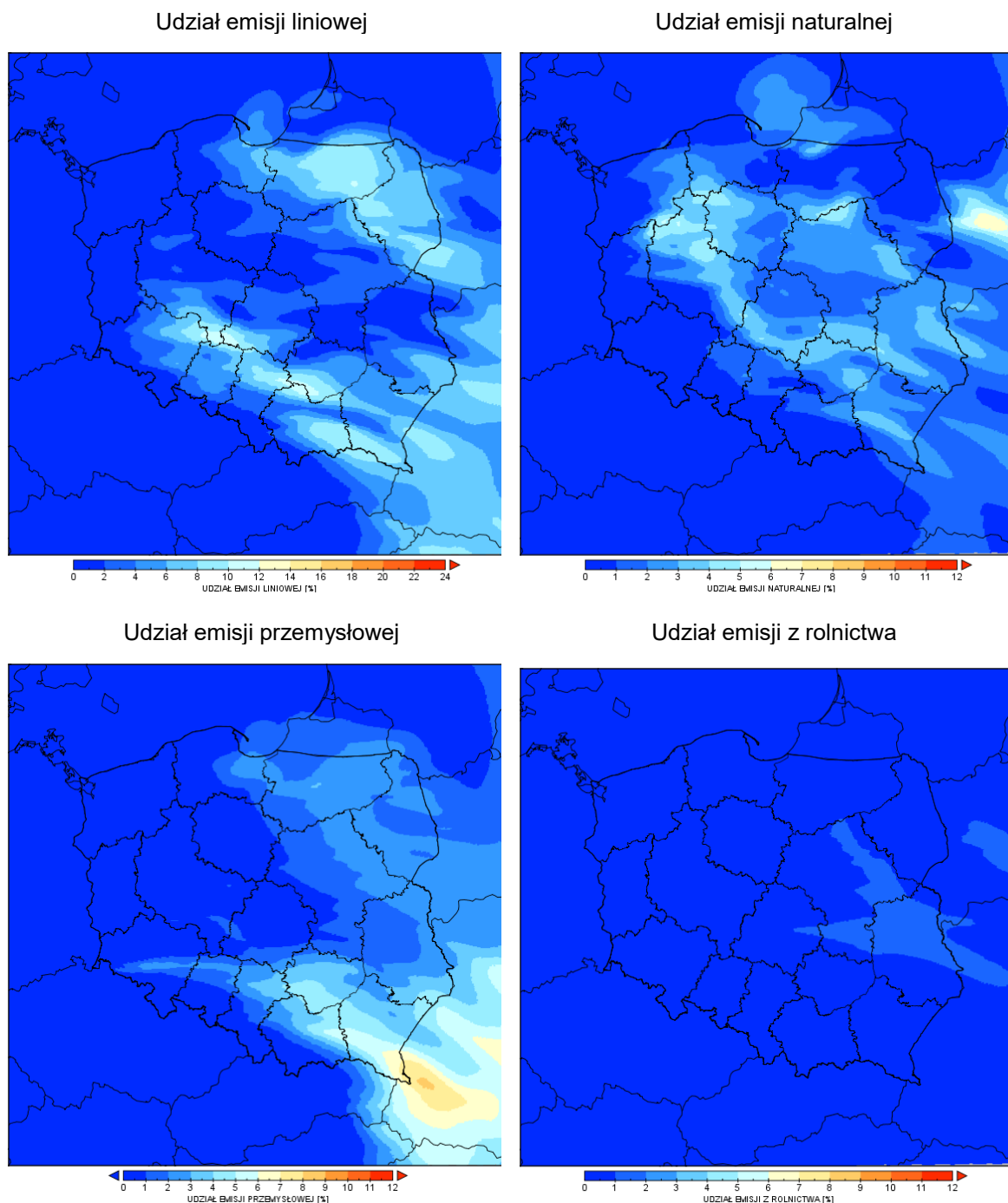


Rysunek 138. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 24-25.06.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.10.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

W trakcie trwania epizodu w dniu 24 czerwca źródła krajowe miały mało znaczący wpływ na występowanie wysokich stężeń ozonu na terenie kraju. W obszarze

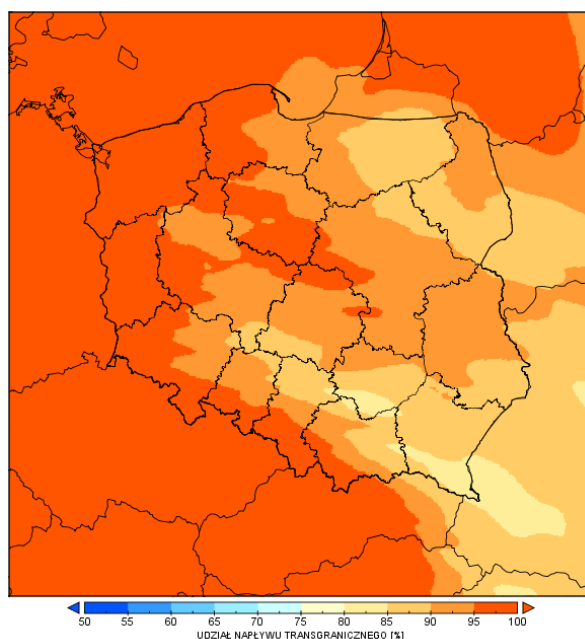
wysokich stężeń udział źródeł liniowych sięgał maksymalnie 12%, źródeł przemysłowych maksymalnie 6%, a źródeł naturalnych 3%.



Rysunek 139. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 24.06.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Najbardziej znaczący jest udział źródeł transgranicznych w kształtowaniu się ozonu na terenie kraju szczególnie w obszarach południowych, gdzie występowały wysokie stężenia ozonu. Najniższy udział na poziomie 80% w województwie podkarpackim.

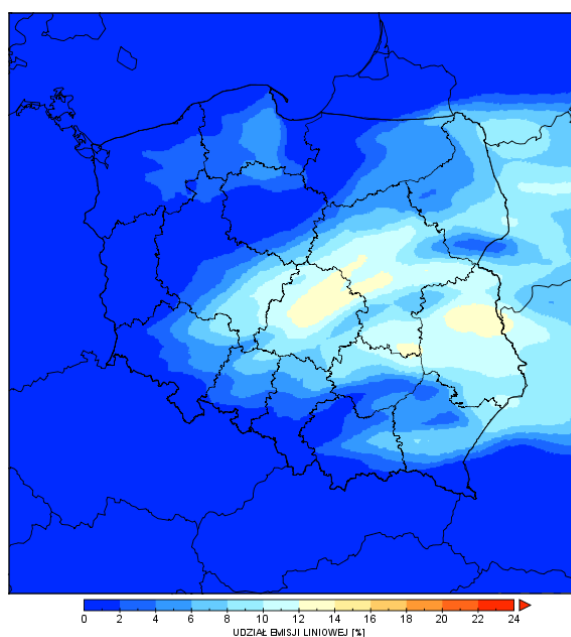
Napływ transgraniczny



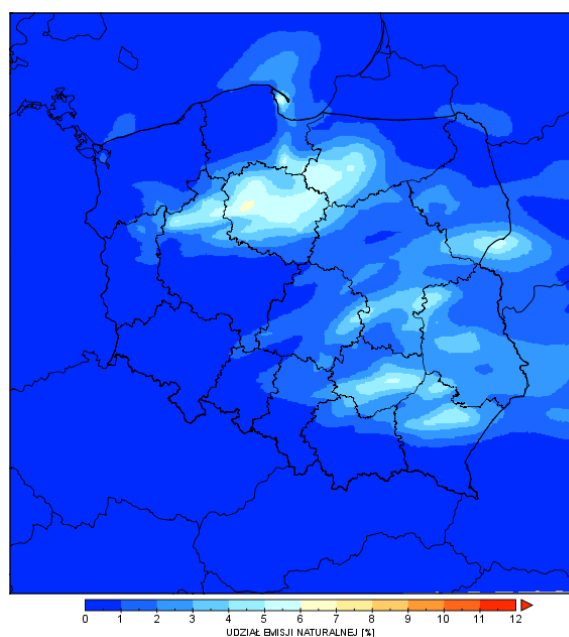
Rysunek 140. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 24.06.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

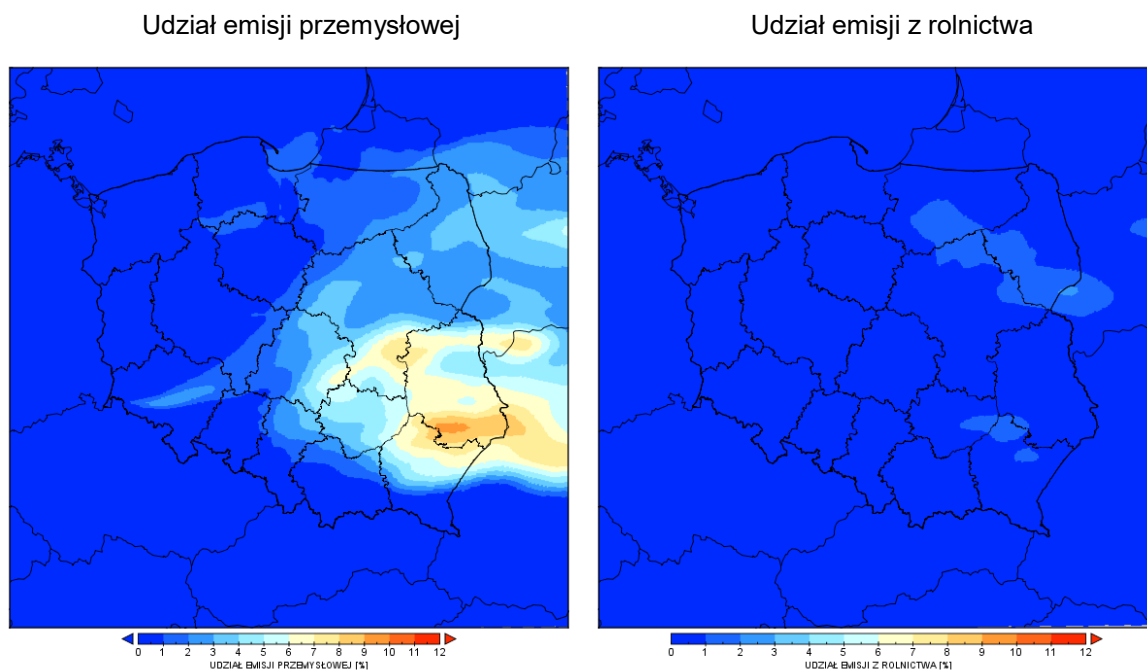
W drugim dniu trwania epizodu udział źródeł krajowych zwiększył się w zakresie źródeł liniowych w województwach lubelskim, łódzkim i mazowieckim gdzie wynosił około 14%. Największy udział źródeł naturalnych modelowanie wskazało w województwie kujawsko-pomorskim na poziomie 6%. Źródła przemysłowe wpływały na stężenia ozonu w województwie lubelskim i podkarpackim w wysokości około 10%. Źródła z rolnictwa nie wpływały na stężenia ozonu.

Udział emisji liniowej



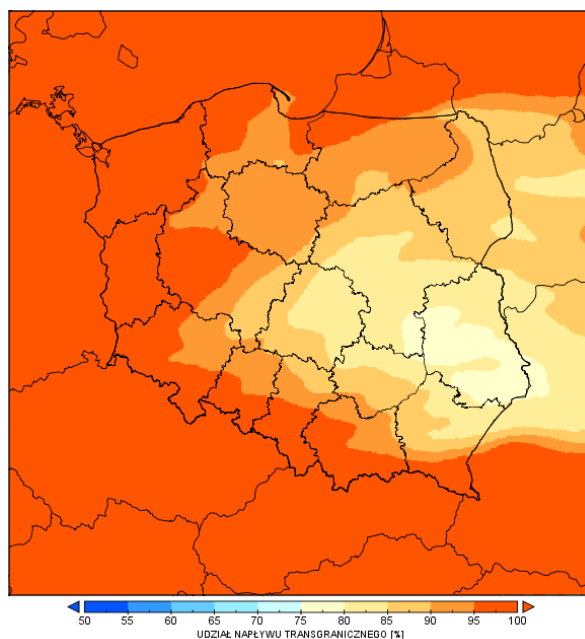
Udział emisji naturalnej





Rysunek 141. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Udział źródeł transgranicznych na terenie kraju wynosi od 80 do 95%. Największy udział wskazano w województwach południowych i zachodnich, natomiast najmniejszy w województwie lubelskim.



Rysunek 142. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

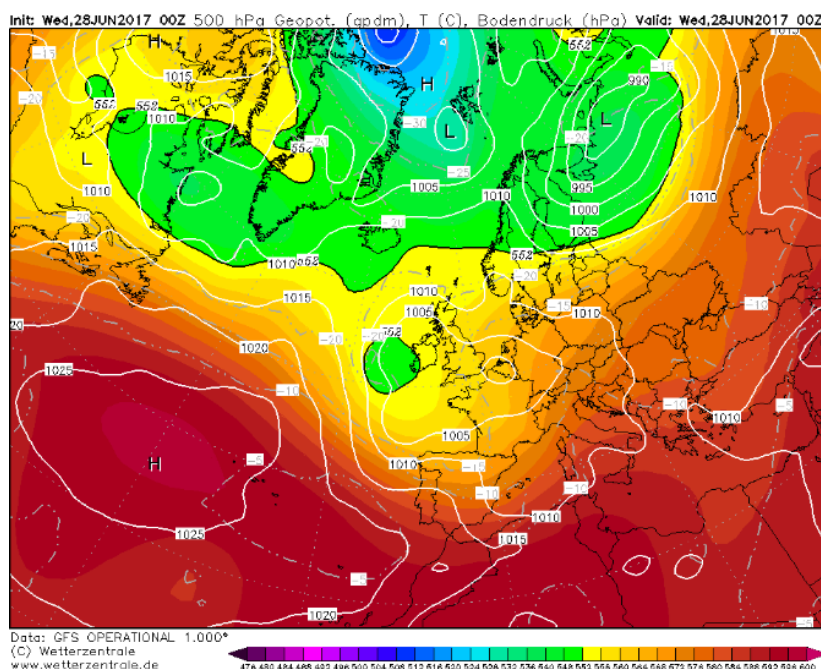
7.11. Epizod 28 czerwca 2017

Epizod w dniu 28 czerwca miał charakter lokalny. Objął 3 stacje położone w województwie śląskim (Katowice, Zabrze i Ustroń). W czasie maksymalnego zasięgu, o godzinie 18:00 ilość stacji łączne rejestrujących wysokie stężenia ozonu dochodziła do 14 (głównie na Śląsku, ale także w innych województwach w południowej połowie kraju). Długość trwania epizodu na poszczególnych stacjach wynosiła od 8 do 11 godzin. Maksymalne stężenia rejestrowano między godziną 17:00 a 19:00, a najwyższe stężenie zanotowano o godzinie 19:00 w Ustroniu: 137,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

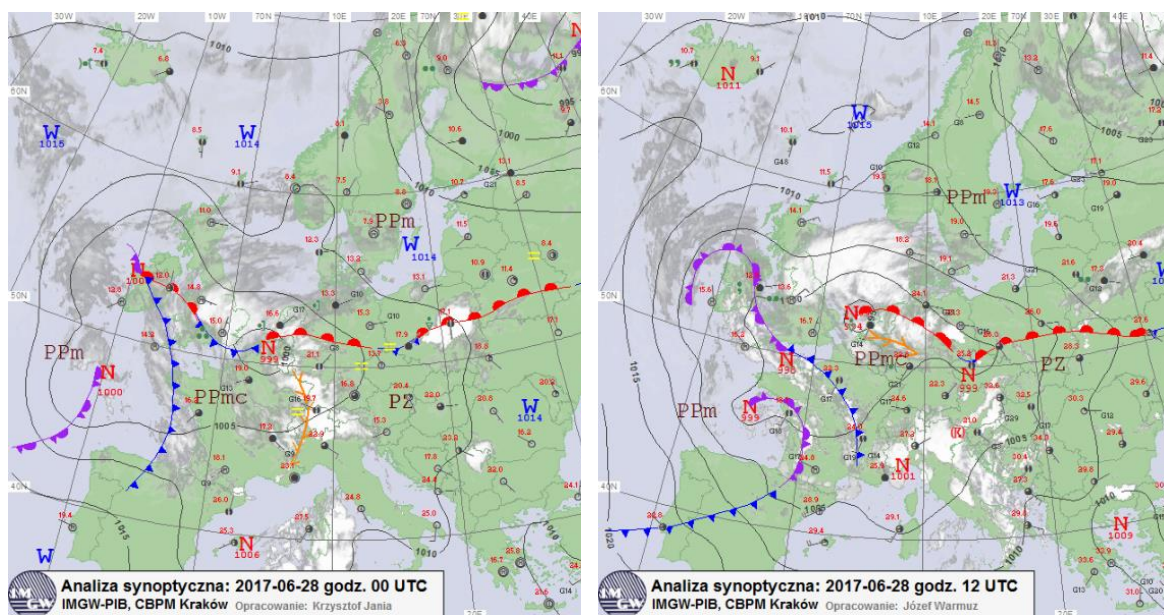
7.11.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

Dzień w którym wystąpił epizod - 28 czerwca - należał do najgorętszych dni czerwca, z licznymi przelotnymi opadami i burzami, lokalnie z gradem. Na południu kraju i w centrum temperatura w południe dochodziła do 26-28°C, a w kolejnych godzinach osiągnęła 30°C. Na północnym zachodzie i północy było chłodniej, do 22 – 25°C. W tym czasie od południowego zachodu nad obszar kraju nasunęła się zatoka niżu znad Wysp Brytyjskich z frontem ciepłym, rozdzielającym gorące i wilgotne powietrze pochodzenia zwrotnikowego na południu, od chłodniejszego polarnego morskiego, zalegającego nad północną częścią kraju. Większa część kraju znalazła się w tym dniu w ciepłym wycinku niżu.

Przyczyną intensywnego napływu gorącego i wilgotnego powietrza pochodzenia zwrotnikowego było głębokie zafalowanie w polach geopotencjału w środkowej troposferze, widoczne na mapach poziomu 500 hPa. Po wschodniej stronie głębokiej zatoki niżowej, tworzącej nad Zatoką Biskajską samodzielny górny ośrodek cyrkulacji niżowej, przemieszczały się z południa masy powietrza nasyconego wilgocią znad basenu Morza Śródziemnego. Jego spotkanie z chłodniejszymi masami powietrza polarnego morskiego, jakie zalegało nad Polską, doprowadziło do intensywnych zjawisk konwekcyjnych.

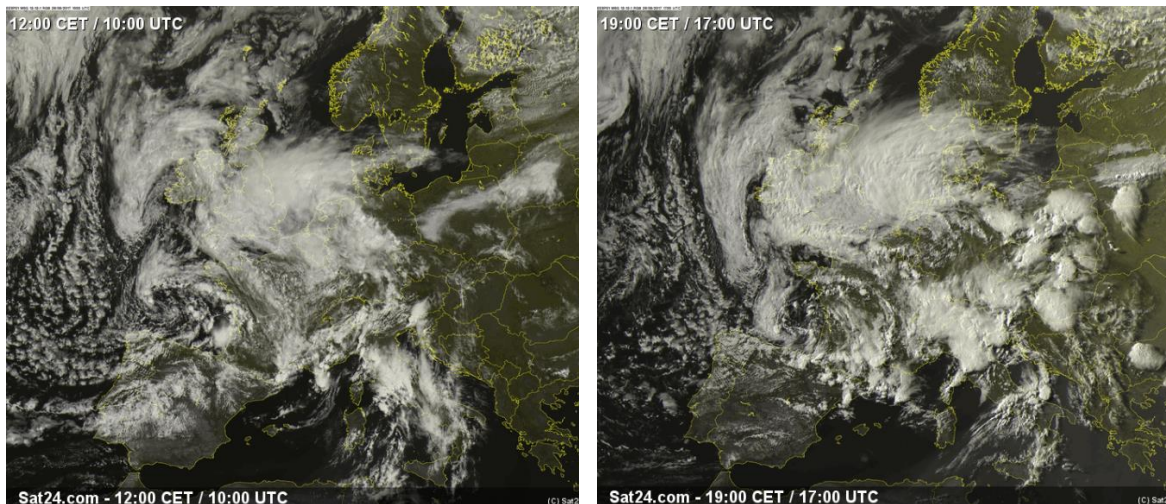


Rysunek 143. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 28.06.2017 r. godz. 12:00. Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.



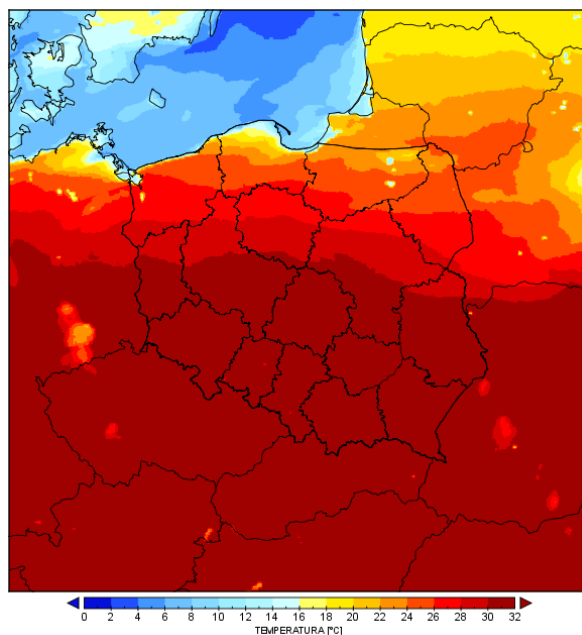
Rysunek 144. Analiza synoptyczna w dniu 28.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

W nocy i nad ranem w środkowej i wschodniej części kraju przemieszczała się na północny wschód superkomórka konwekcyjna o średnicy kilkuset kilometrów z intensywnymi opadami deszczu i w której wysokość wierzchołków chmur przewyższała 12 km. Po południu burze i opady przelotne oraz silne porywy wiatru wystąpiły na przeważającym obszarze kraju, szczególnie w strefach zbieżności w wycinku ciepłym oraz rejonach podgórskich. Na południu i południowym wschodzie efekt fenowy hamował rozwój konwekcji oraz sprzyjał większemu jeszcze wzrostowi temperatury powietrza. Wieczorem front ciepły przemieścił się na północne krańce Polski, a strefa zachmurzenia objęła większą część kraju. Rozpogodziło się natomiast Dolnym Śląsku, gdzie w nocy znalazło się centrum niewielkiego ośrodka niżowego.



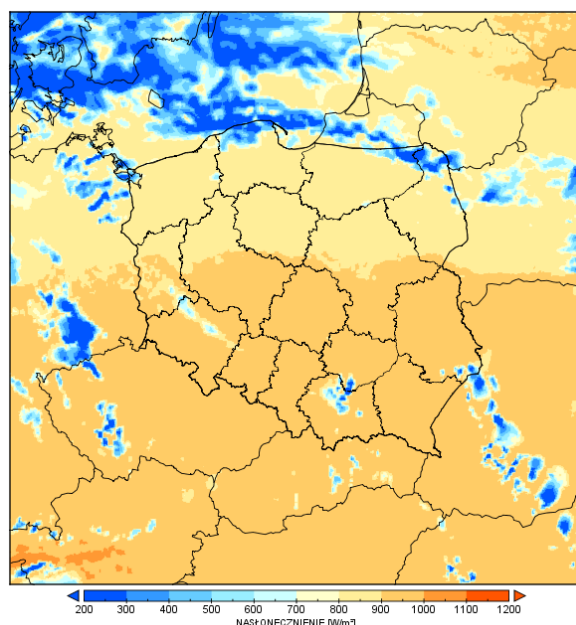
Rysunek 145. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 28 czerwca 2017 r. (źródło: Sat24.com)

Temperatura w całym kraju w dniu epizodu była wysoka i dochodziła do 32°C w części południowej i centralnej kraju. Najniższa temperatura około 16°C odnotowana została na północnym krańcu Pomorza.



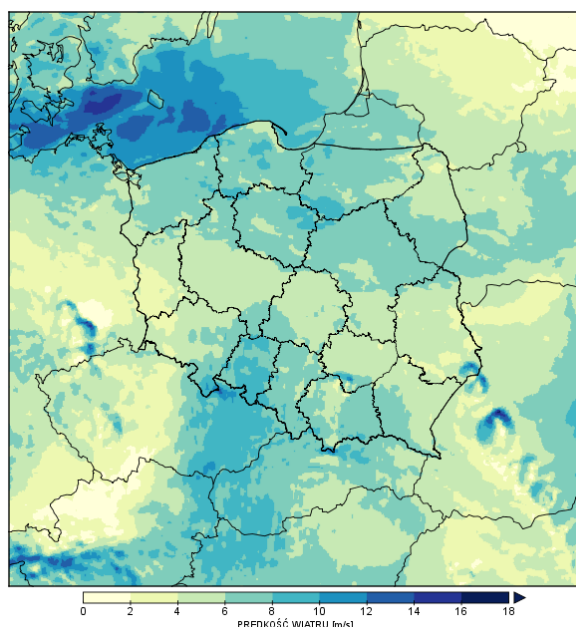
Rysunek 146. Temperatura powietrza w dn. 28.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Poziom nasłonecznienia w kraju był dość równomierny. Niewielkie obszary zachmurzenia przelotnego wystąpiły w województwie małopolskim i warmińsko-mazurskim. Natężenie promieniowania słonecznego największe było w południowej i centralnej części kraju, z lekkim zachmurzeniem w województwie małopolskim i na Suwalszczyźnie.



Rysunek 147. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 28.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

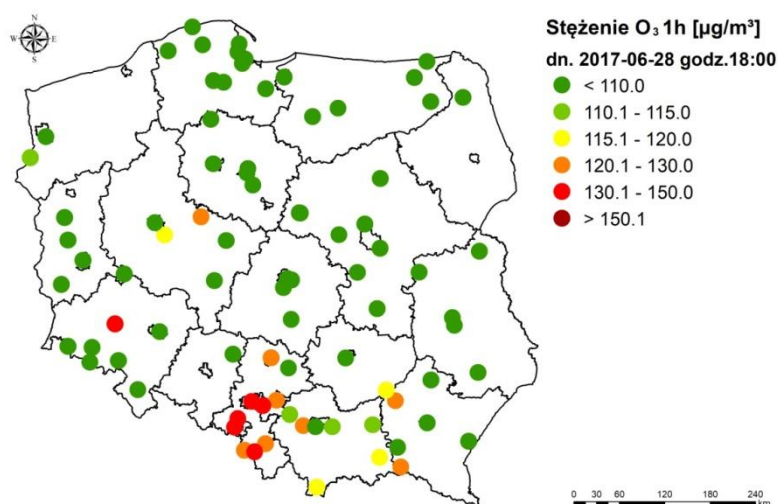
Prędkość przepływu mas powietrza ma znaczenie przy przenoszeniu substancji wpływających na powstawanie ozonu na duże odległości. Prędkość przepływu mas powietrza była zróżnicowana i na północy oraz województwach opolskim i śląskim prędkość wiatru sięgała 10 m/s. W centralnym pasie obejmującym województwa lubuskie, wielkopolskie łódzkie świętokrzyskie i lubelskie przepływ mas powietrza był niewielki do 4 m/s.



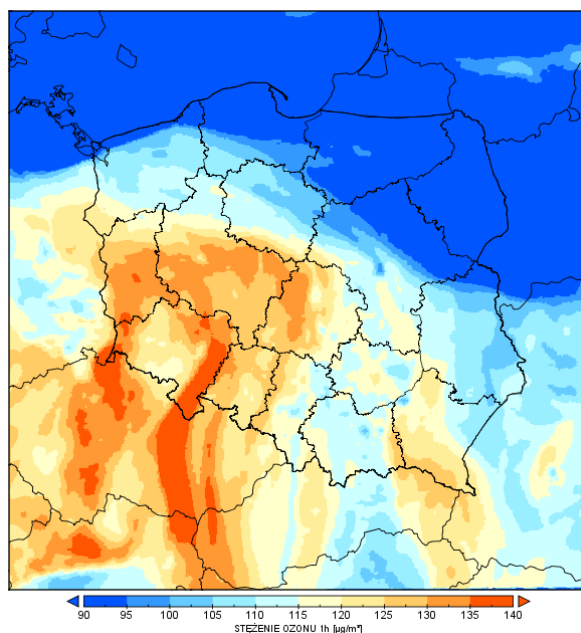
Rysunek 148. Prędkość wiatru w dn. 28.06.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

7.11.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Rozkład występowania wysokich stężeń ozonu wskazuje na skupiony charakter epizodu, gdzie wysokie stężenia kumulują się jedynie w obszarze województwa śląskiego. Sumarycznie stężenia powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły jednocześnie maksymalnie na 14 stacjach pomiarowych. Jednakże tylko na trzech stacjach wysokie stężenia trwały nieprzerwanie przez 8 godzin: w Katowicach, Ustroniu i Zabrze. Maksymalne stężenie wyniosło $137,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stacji w Ustroniu, godzinę po wystąpieniu największego zasięgu wysokich stężeń czyli o godzinie 19:00.



Rysunek 149. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 28 czerwca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).



Rysunek 150. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 28.06.2017 r. godz. 18:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Wyniki modelowania wskazują również na obszar wysokich stężeń ozonu w rejonie południa kraju, jednakże obszar ten obejmuje województwo dolnośląskie, a nie jak wskazują pomiary województwo śląskie. Wysokość stężeń sięga nawet $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

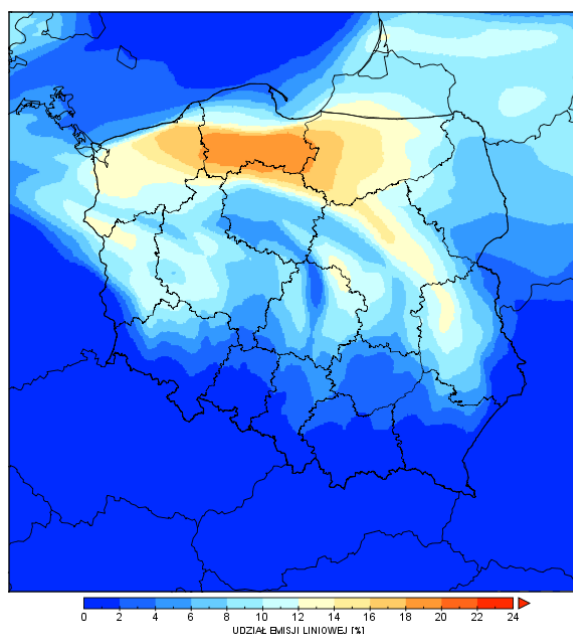
7.11.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

Udział źródeł emisji z kraju i spoza kraju wpływa na kształtowanie się stężeń ozonu na terenie kraju. Analizy wykonane w trakcie modelowania wskazują na zróżnicowany udział źródeł krajowych zwłaszcza w rejonie północnym kraju. Zwiększony udział źródeł krajowych nie pokrywa się z obszarem występowania wysokich stężeń ozonu, stąd też źródła te nie wpływają w znaczący sposób na wysokie stężenia ozonu.

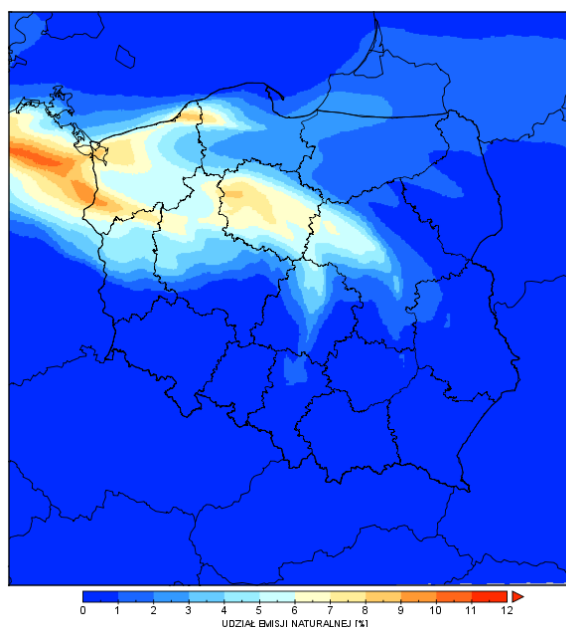
Źródła liniowe wpływają w największym stopniu na stężenia ozonu w województwie pomorskim (20%) oraz warmińsko-mazurskim i zachodniopomorskim. Źródła naturalne wpływały nieznacznie na stężenia ozonu w województwie zachodniopomorskim. Źródła przemysłowe mają niewielki wpływ na stężenia ozonu maksymalnie do 7% w województwach północno-zachodnich, szczególnie w województwie zachodniopomorskim.

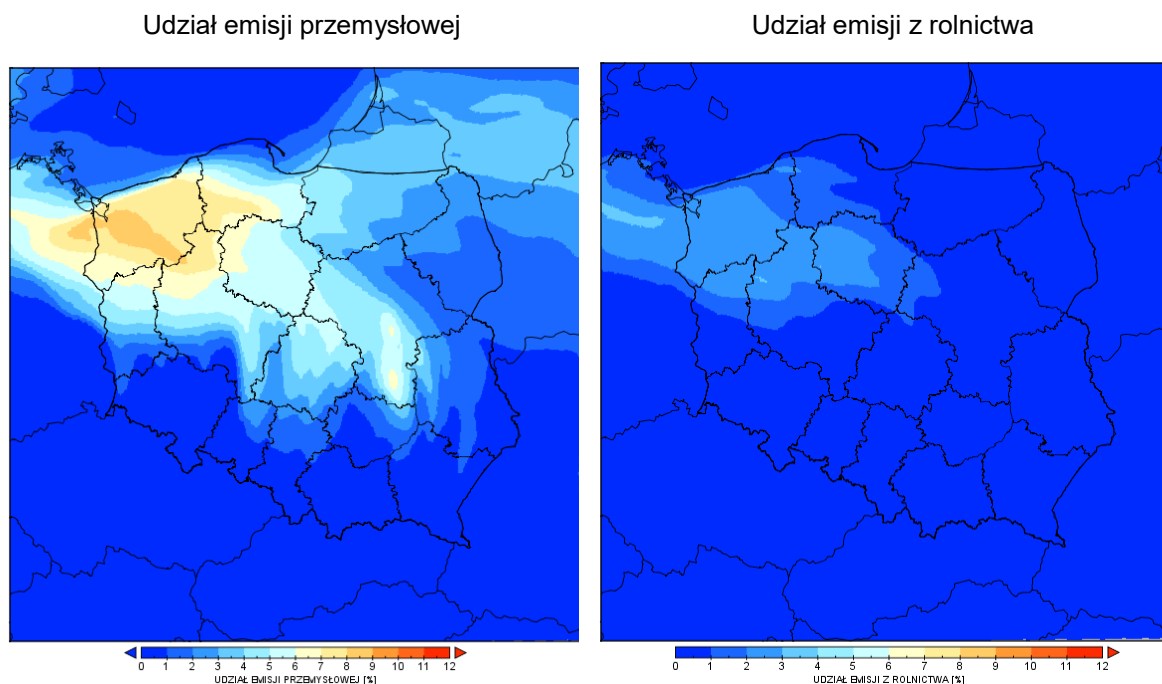
W obszarze występowania wysokich stężeń ozonu w województwach południowych nie jest widoczny wpływ źródeł krajowych.

Udział emisji liniowej

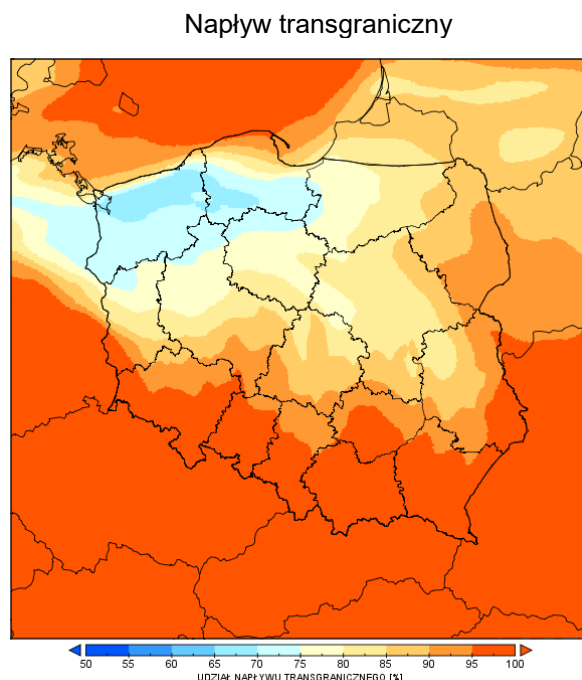


Udział emisji naturalnej





Rysunek 151. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 28.06.2017 r. godz. 18:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).



Rysunek 152. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 28.06.2017 r. godz. 18:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

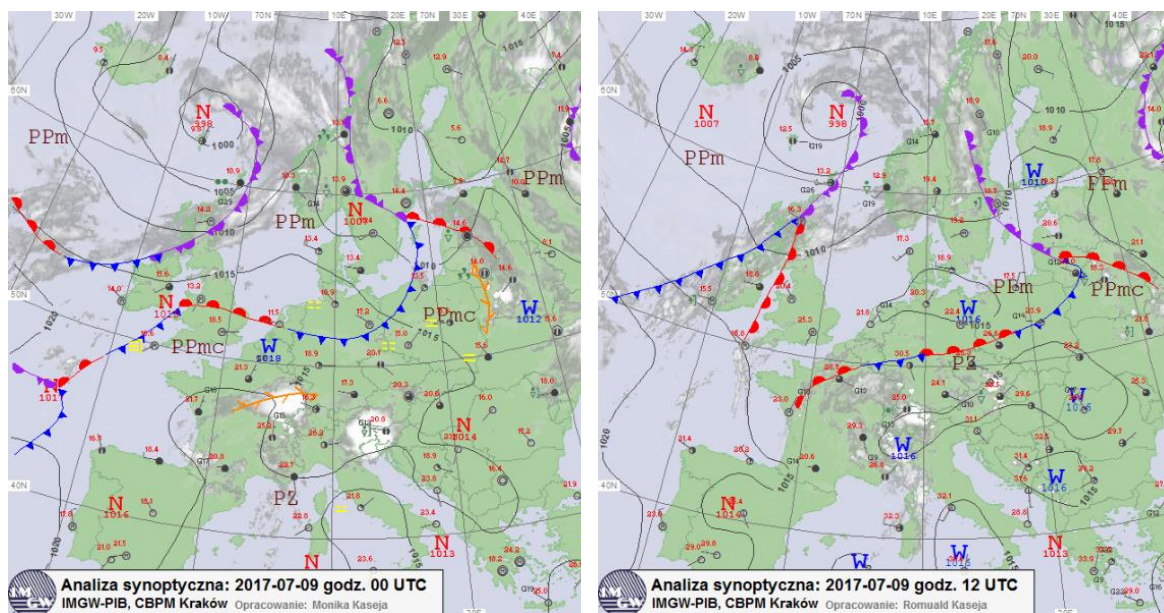
Wyniki modelowania wskazują na jednoznaczny wpływ źródeł transgranicznych na występowanie wysokich stężeń ozonu w województwach śląskim i dolnośląskim. W niskich stężeniach ozonu udział źródeł transgranicznych spada do poziomu 65%.

7.12. Epizod 9 lipca 2017

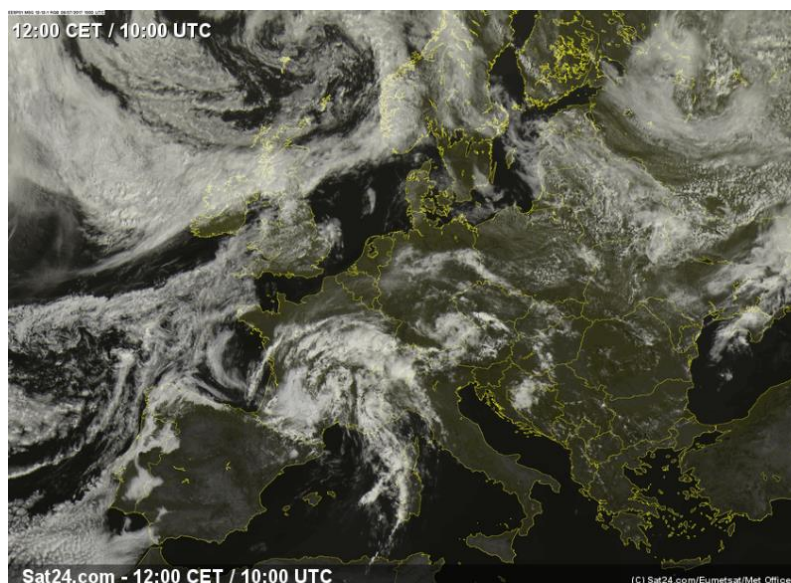
Epizod w dniu 9 lipca miał wybitnie lokalny charakter. Przekroczenie 8 godzin czasu trwania wysokich stężeń ozonu zanotowano jedynie na stacji w Katowicach w województwie śląskim. Maksymalne stężenie ($136,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zarejestrowano o godzinie 18:00.

7.12.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

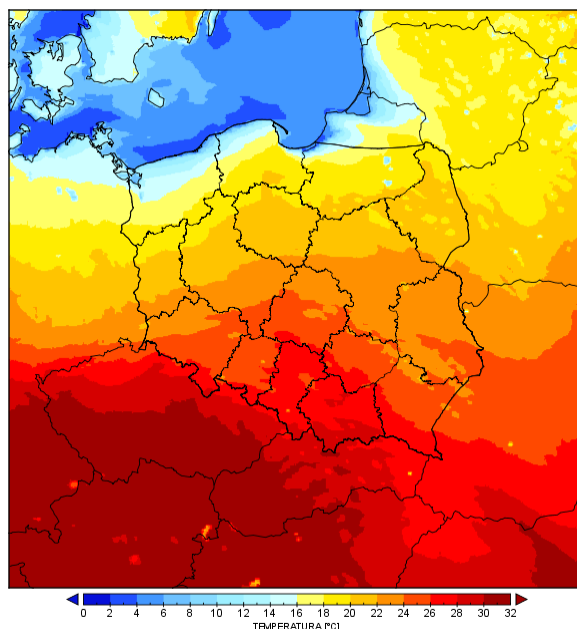
W dniu 9 lipca Polska znalazła się w obszarze relatywnie słabego gradientu barycznego, w otoczeniu ośrodków wyżowych rozdzielonych płytką zatoką niżową. O północy chłodny front związany z zatoką znajdował się na linii Frankfurt – Łeba i przemieszczał się w kierunku wschodnim, aby w południe znaleźć się na linii Bogatynia – Białystok. Południowo – zachodni odcinek frontu uległ nieznacznemu zafalowaniu i na obszar Śląska napływało od południa cieplejsze powietrze. Mgły radiacyjne występowały w nocy i nad ranem na większości obszaru kraju będącej w zasięgu ciepłego powietrza polarno-morskiego, na południe od linii frontu. Wilgoć w podłożu zapewniły opady deszczu występującego w poprzedzającym dniu. Wiatr był słaby, ze zmiennych kierunków. Nad większością kraju zachmurzenie było duże, jednak opady nie występowały. W południowej części kraju, pozostającej pod wpływem ciepłego powietrza, odnotowano najwyższe temperatury. W południe różnica temperatur między Gdańskiem ($17,5^\circ\text{C}$), a Wrocławiem ($26,6^\circ\text{C}$) przekraczała 9°C . Z biegiem dnia zatoka niżowa wypełniała się, jednak od zachodu nadciągał już kolejny ośrodek niżowy, a klin wyżowy odsuwał się na wschód.



Rysunek 153. Analiza synoptyczna w dniu 9.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PIB, CBPM Kraków).

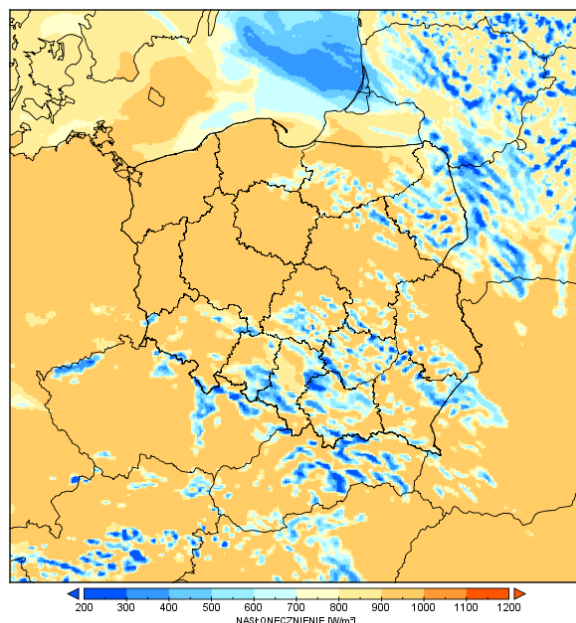


Rysunek 154. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 9 lipca 2017 r. (źródło: Sat24.com)



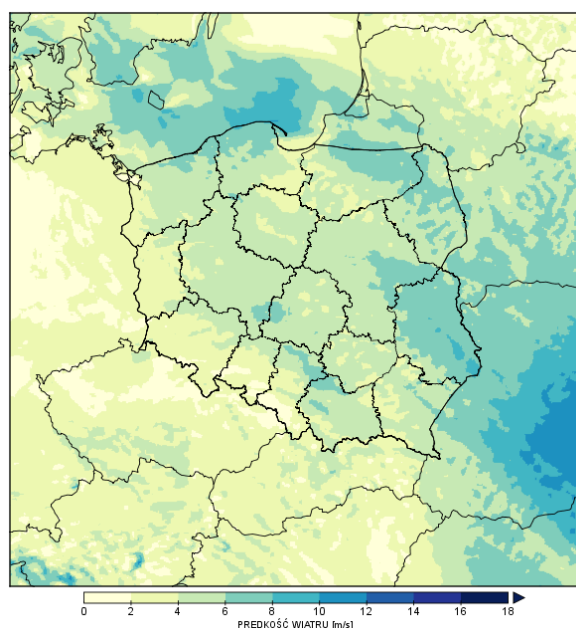
Rysunek 155. Temperatura powietrza w dn. 09.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Temperatura w dniu wystąpienia w pomiarach epizodu wysokich stężeń ozonu była dość wysoka i sięgała do 26°C w części południowej kraju (województwo małopolskie). Na północy stopniowo zmniejszała się do 14-16°C w województwach zachodniopomorskim i pomorskim.



Rysunek 156. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 09.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego największe było w północnej i centralnej części kraju, z zachmurzeniem umiarkowanym w województwach południowych i na północnym wschodzie kraju.

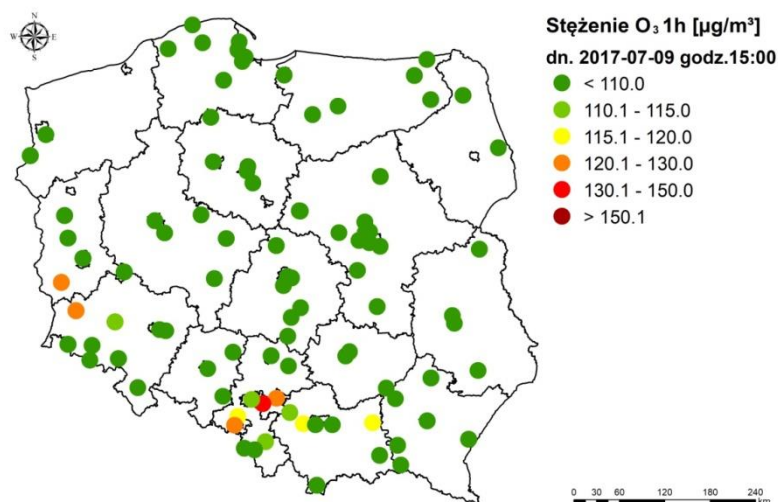


Rysunek 157. Prędkość wiatru w dn. 09.07.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Prędkość przepływu mas powietrza była na przeważającym terenie kraju stabilna do 4 m/s, jedynie w województwie lubelskim oraz na północnym wschodzie sięgała 8 m/s. Najniższe prędkości występowały w województwie dolnośląskim, opolskim i śląskim.

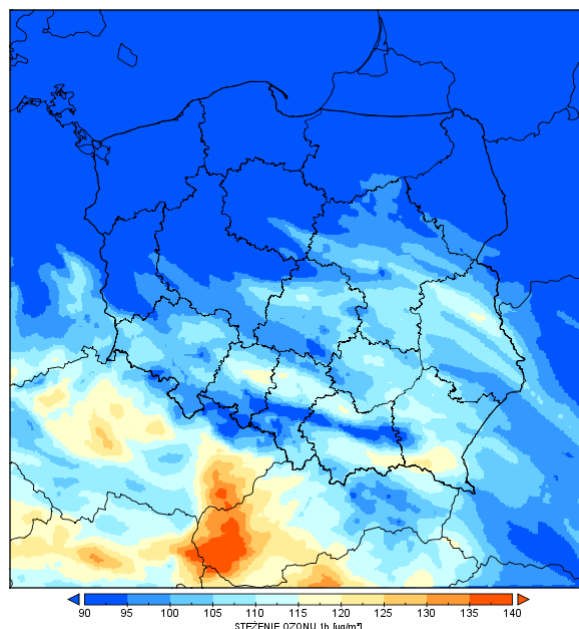
7.12.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Epizod wysokich stężeń ozonu trwający 9 godzin wystąpił 9 lipca 2017 r. jedynie na stacji w Katowicach. Największy zasięg występowania wysokich stężeń ozonu objął tylko 5 stacji znajdujących się na obszarze województwa śląskiego, lubuskiego i dolnośląskiego. Najwyższe stężenia wyniosło $136,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stacji w Katowicach. Na pozostałym obszarze kraju stężenia ozonu nie przekraczały wartości $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 158. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 9 lipca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Wyniki modelowania nie są do końca zbieżne z wynikiem na stacji pomiarowej, szczególnie chodzi o wyniki dla województwa śląskiego. Podwyższone stężenia w wynikach modelowania znajdują się na terenie województwa podkarpackiego.



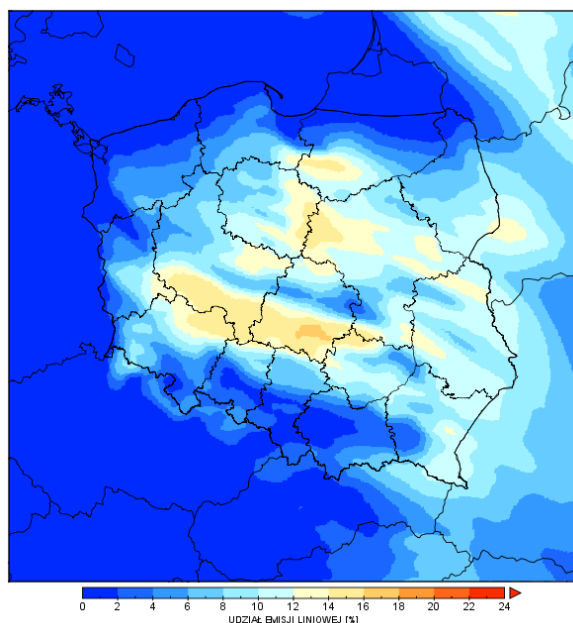
Rysunek 159. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 09.07.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.12.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

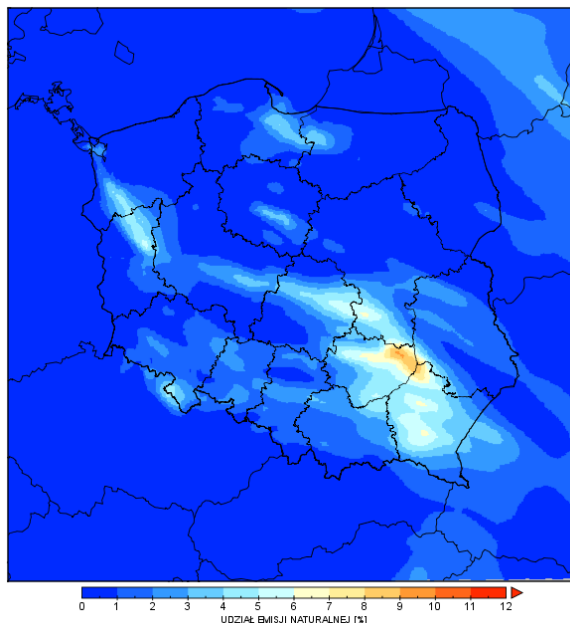
W obszarze trwania epizodu w województwie śląskim wyniki modelowania nie wskazują na widoczny udział źródeł krajowych w kształtowaniu się stężeń ozonu. W centralnej części kraju widoczny jest udział źródeł liniowych, który sięga w województwie łódzkim do 16%. Udział źródeł naturalnych wynosi maksymalnie 7% w województwie świętokrzyskim. Na pozostałej części kraju udział tych źródeł nie przekracza 5%. Widoczny jest udział źródeł emisji przemysłowej w tworzeniu się ozonu na terenie województwa podkarpackiego. Udział ten dochodzi do 10%.

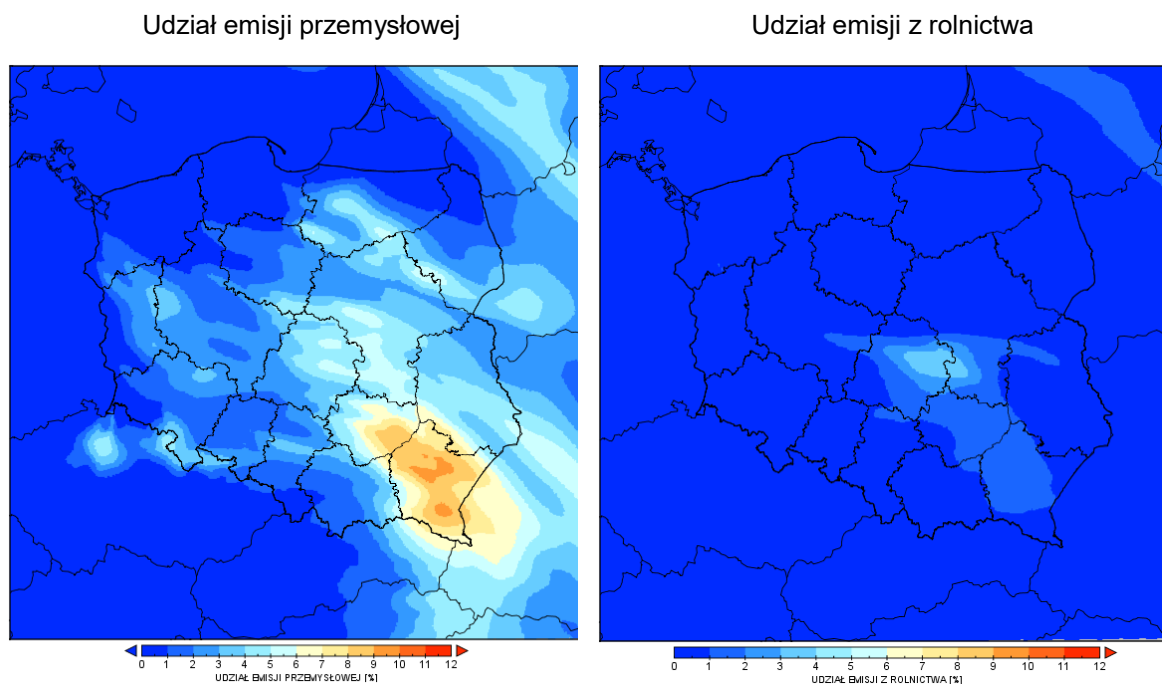
Źródła krajowe wpływają na wysokość stężeń ozonu sumarycznie na poziomie maksymalnie około 30-35%. Jednakże nie są przyczyną powstawania sytuacji długoterminowego wysokiego stężenia ozonu trwającego powyżej 8 godzin, a które może prowadzić do przekroczenia poziomu celu długoterminowego.

Udział emisji liniowej



Udział emisji naturalnej

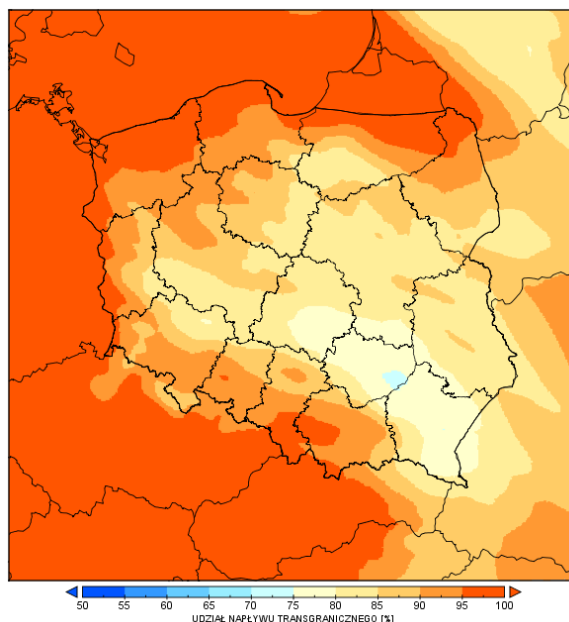




Rysunek 160. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 09.07.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Wpływ źródeł transgranicznych na występowanie wysokich stężeń ozonu jest szczególny w województwach północnych oraz województwie śląskim gdzie sięga do 95%. Najniższy udział tych źródeł wskazany został w województwie świętokrzyskim gdzie wynosi około 65%.

Napływ transgraniczny



Rysunek 161. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 09.07.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.13. Epizod 19-20 lipca 2017

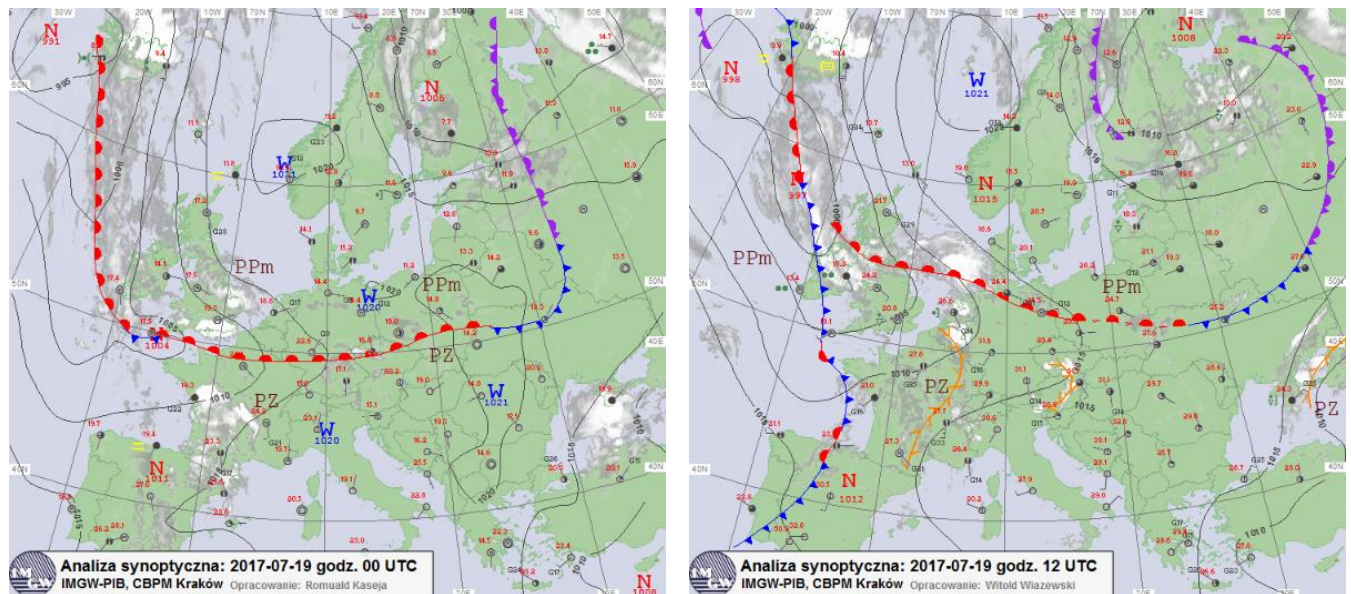
Epizod, który rozpoczął się 19 lipca, miał charakter lokalny. W pierwszym dniu objął 8 stacji na Dolnym i Górnym Śląsku oraz Opolszczyźnie, w drugim zaś 7 stacji – głównie na Górnym Śląsku i po jednej w Małopolsce i na Ziemi Lubuskiej. Podwyższone stężenia ozonu w czasie maksymalnego zasięgu odnotowano w kolejnych dniach na 32 – 35 stacjach. Długość trwania epizodu wyniosła 19.07 8 do 9 godzin, z najwyższym stężeniem na poziomie $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 17:00 w Legnicy. W dniu 20.07 wysokie stężenia utrzymywały się do 11 godzin w Bielsku-Białej i w Katowicach, przy czym maksymalne stężenie zanotowano na stacji w Dąbrowie Górniczej ($162,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) o godzinie 14:00.

7.13.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

Pogoda w dniu 19.07 była ciepła, lokalnie upalna. Najwyższe temperatury występowały na Śląsku Dolnym i Opolskim oraz w południowej Wielkopolsce (30 stopni), gdzie zalegały masy powietrza zwrotnikowego przemieszczające się powoli ku północy i północnemu wschodowi. Położenie frontu ciepłego oddzielającego je od nieco chłodniejszego powietrza polarno-morskiego w kolejnych dobach zmieniało się stosunkowo nieznacznie. Pod koniec drugiego dnia epizodu zaznaczał się on na linii Szczecin – Brześć.

Polska znajdowała się w obszarze relatywnie słabego gradientu barycznego. W pierwszych godzinach doby 19.07 nad wschodnią częścią kraju znajdował się układ wyżowy w formie grzbietu, który słabnąc przemieszczał się nad południowy Bałtyk, Litwę, Podlasie i Białoruś. Od Bawarii przez Czechy i Saksonię wchodziła nad Dolny Śląsk i dalej nad południe kraju zatoka niżowa, w której istniały pozostałości zachmurzenia frontu, który powędrował na południe. To zachmurzenie przekształciło się z warstwowego w kłębiaste wypiętrzone, a nad ranem pojawiły się pojedyncze wyładowania burzowe nad Jurą Krakowsko-Częstochowską. Strefa burz przemieszczała się następnie na wschód w stronę Lubelszczyzny.

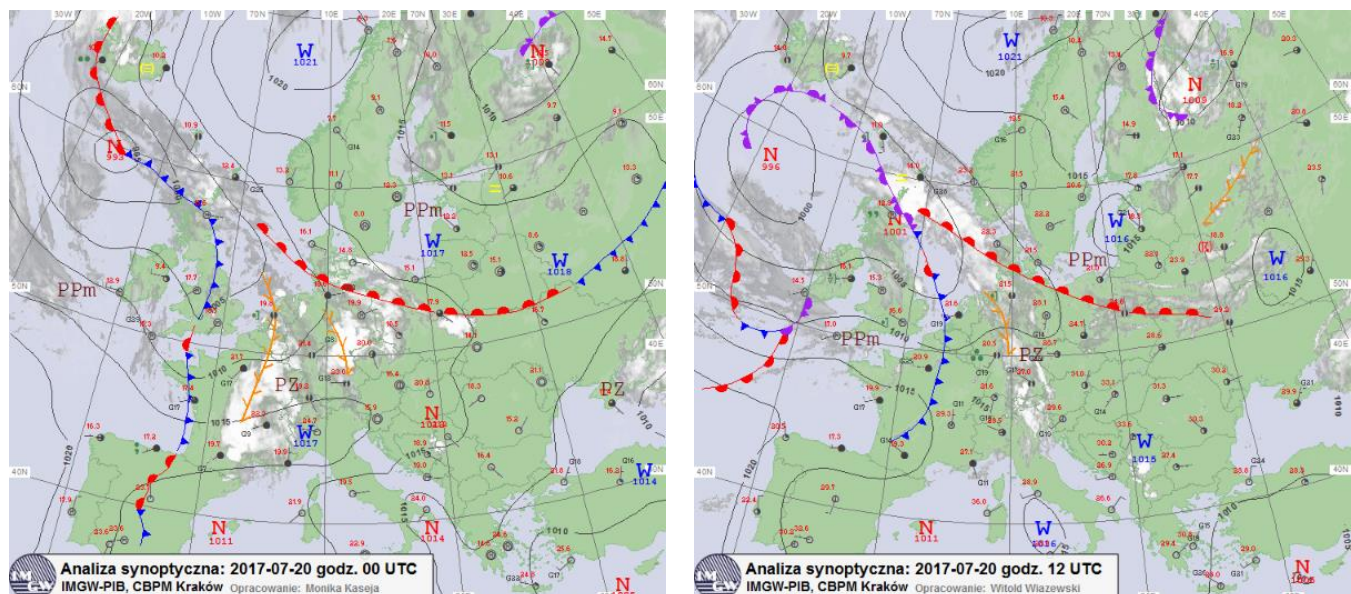
Na północy kraju występowało więcej chmur kłębiasto-warstwowych, których podstawa stopniowo podnosiła się w ciągu dnia. Chmury występowały także w Polsce środkowej, ale inwersja osiadania nie pozwalała na ich dalszy rozwój i opady nie występowały.



Rysunek 162. Analiza synoptyczna w dniu 19.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

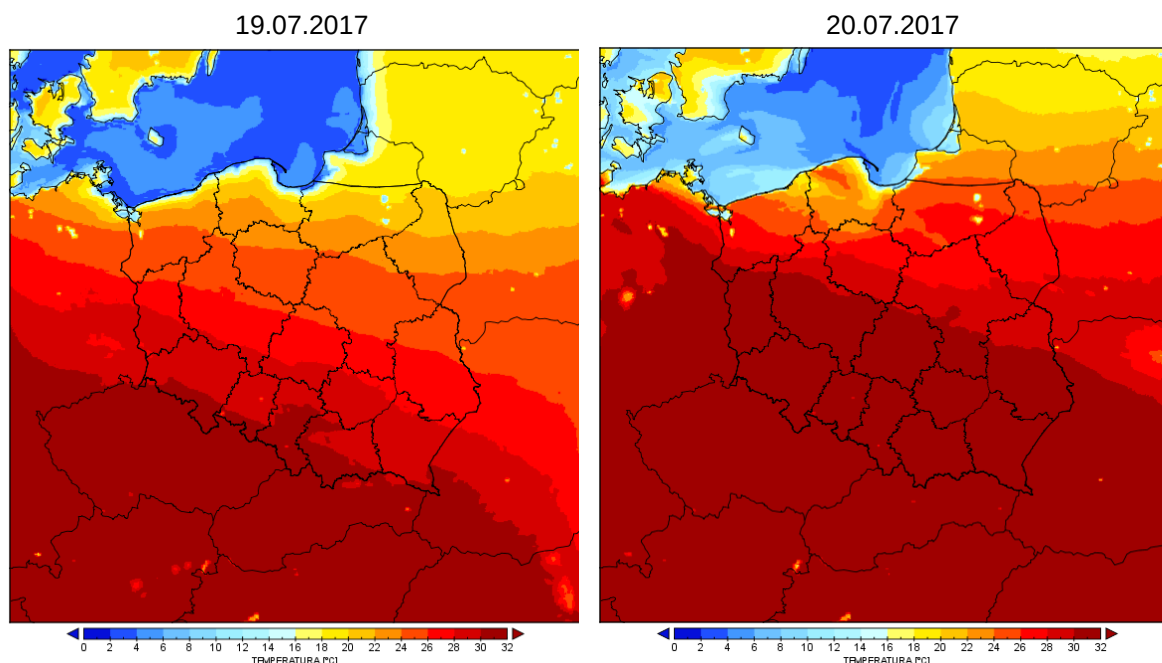
W nocy z 19 na 20 lipca do linii Odry zbliżyła się strefa opadów znad Niemiec, która wchodząc w godzinach nocnych i o poranku nad kraj, lokalnie przyniosła zanikające burze.

W dniu 20 lipca temperatury przekraczające 30 stopni występowały w prawie całym kraju (poza wybrzeżem). W godzinach popołudniowych w zachodniej, centralnej i południowej części kraju pojawiały się liczniejsze komórki opadowe z burzami, dryfujące na wschód i rozwijające się konwekcyjnie nad sprzyjającymi obszarami. Warstwa inwersji była cieńsza niż poprzedniego dnia, bardziej rozbudowane i posiadające duże zasoby pary wodnej chmury mogły ją przebijać i dalej budować się w środkowej troposferze, korzystając z jej sprzyjającego stanu termodynamicznego.



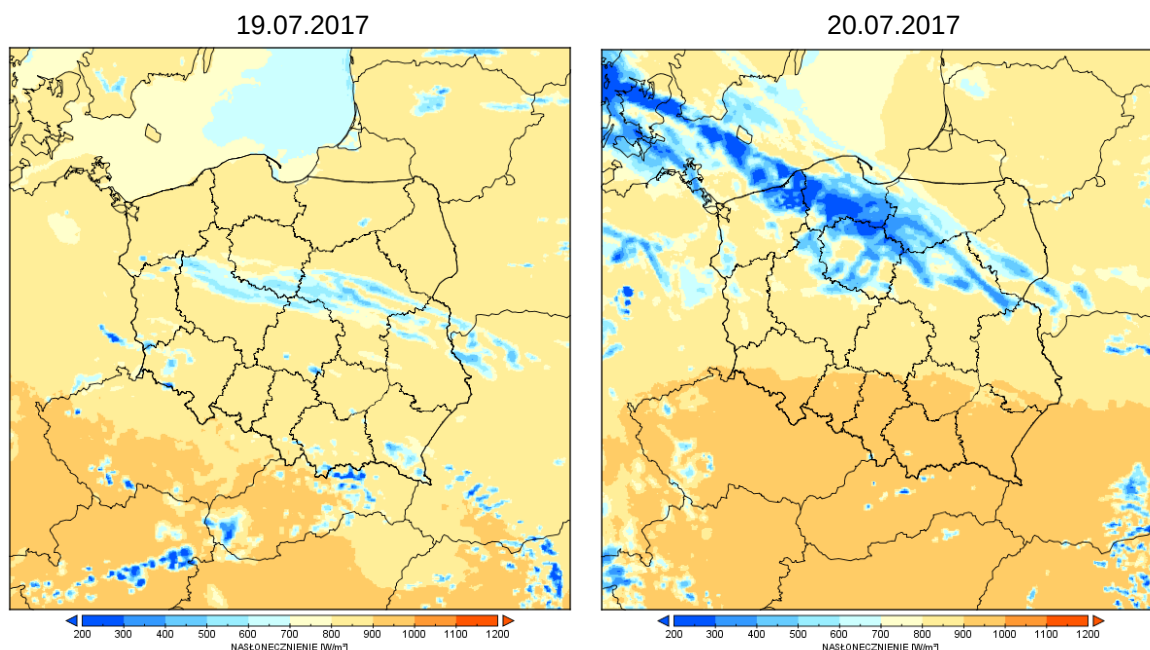
Rysunek 163. Analiza synoptyczna w dniu 20.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

Późnym popołudniem i wieczorem od Niemiec nad Pomorze Zachodnie i Ziemię Lubuską weszła wyraźna strefa liniowo ułożonych opadów, wędrująca do centrum kraju. Wiązała się ona ze strefą zbieżności w ciepłym wycinku zatoki niżowej, której ośrodek znajdował się w tym czasie nad Morzem Północnym.



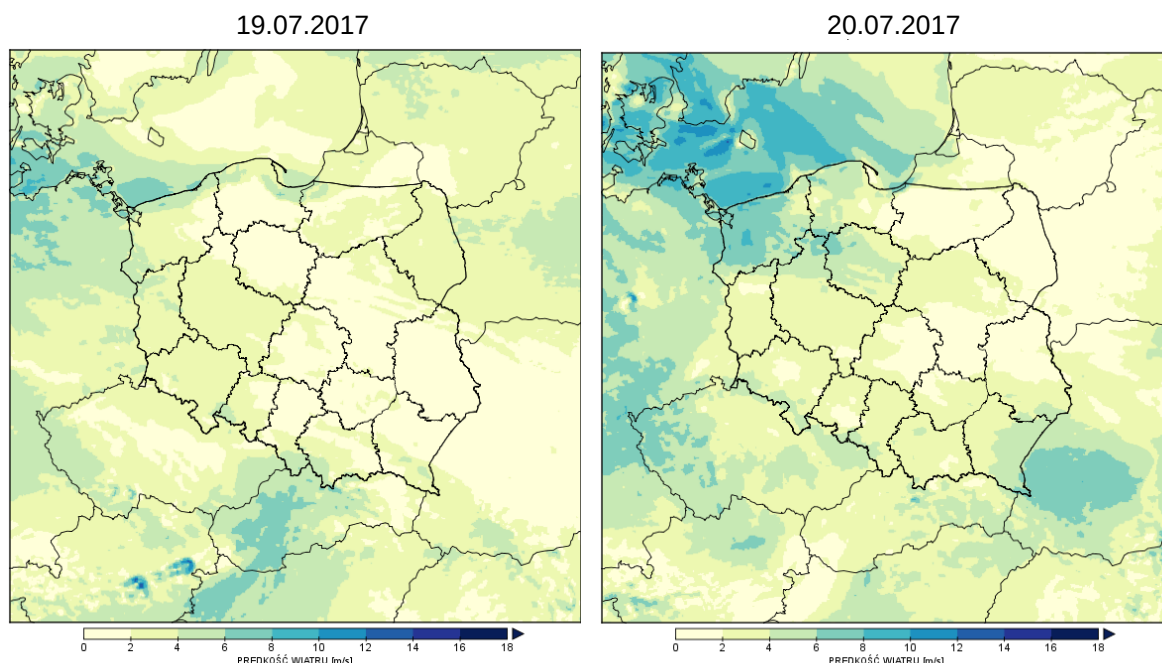
Rysunek 164. Temperatura powietrza w dn. 19 i 20.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)

W czasie wystąpienia epizodu nad Polskę od południa napływały masy gorącego powietrza (32°C). W drugim dniu epizodu cała południowa i centralna Polska była pod wpływem upalnych mas powietrza, jedynie na północy temperatura otoczenia nie przekraczała 26°C.



Rysunek 165. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 19 i 20.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego było duże z pasem lekkiego zachmurzenia w centralnej części kraju. W drugim dniu widoczne było zachmurzenie obejmujące północne województwa, natomiast cały obszar południowy był pod wpływem silnego nasłonecznienia, które nadeszło z frontem południowym.



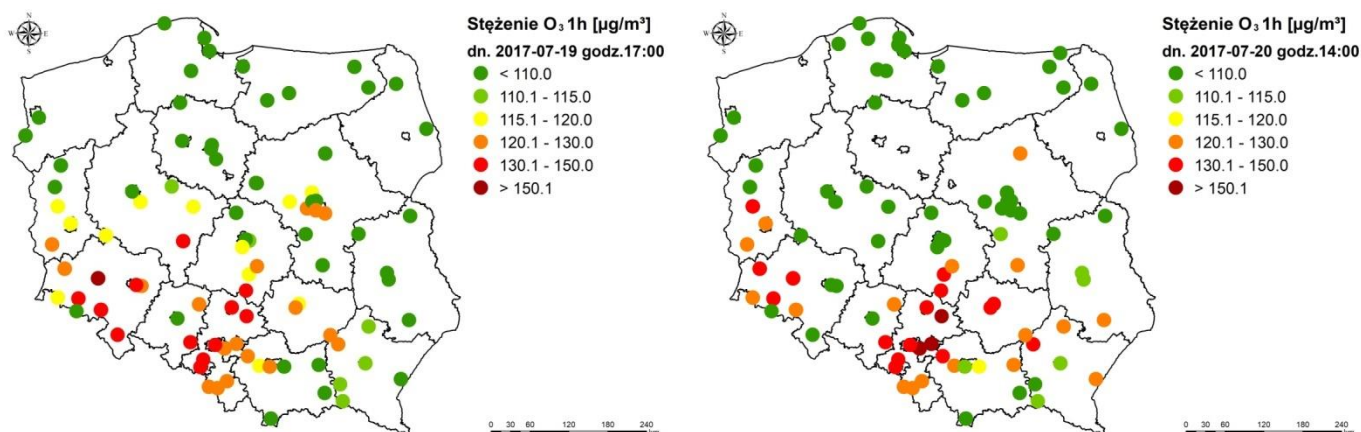
Rysunek 166. Prędkość wiatru w dn. 19 i 20.07.2017r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)

Prędkość przepływu mas powietrza była w całym kraju stabilna i nie przekraczała 4 m/s w pierwszym dniu. Drugiego dnia jedynie na północno-zachodnim krańcu kraju przepływ mas powietrza miejscami sięgał 8-10 m/s. Cisze wiatrowe występowały w obszarach województw centralnych, szczególnie województwa lubelskiego, kujawsko-pomorskiego i świętokrzyskiego. W drugim dniu cisze występowały w województwie podlaskim, lubelskim i warmińsko-mazurskim.

7.13.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

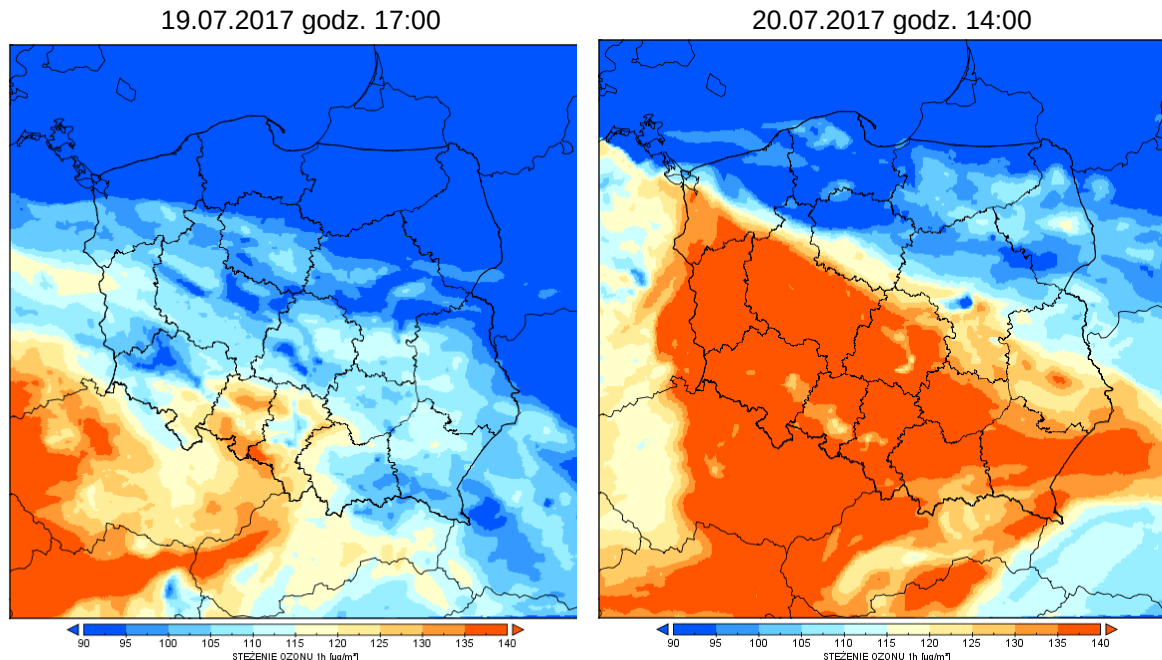
Z analizy największego zasięgu wysokich stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu wynika, że wysokie stężenia odnotowano maksymalnie na 32 stacjach w pierwszym dniu epizodu oraz na 35 stacjach w drugim dniu. Epizod wystąpił jednak tylko na 8 stacjach w pierwszym dniu i 7 w drugim. Maksymalne stężenie epizodu wystąpiło w pierwszym dniu w Legnicy i wyniosło $165.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Z analizy rozkładu i wysokości stężeń wynika, że epizod intensywniej wystąpił w pierwszym dniu, gdzie stężenia powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występowały w województwach południowej części kraju, poza województwem podkarpackim i częścią małopolskiego. W drugim dniu epizodu zmniejszyły się stężenia w województwach wielkopolskim, łódzkim, mazowieckim i dolnośląskim, chociaż na kilku stacjach nadal występowały wysokiego stężenia. W województwie śląskim wystąpiły stężenia sięgające powyżej $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 167. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 19 i 20 lipca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Wyniki modelowania zbieżne są ze stężeniami z pomiarów w pierwszym dniu trwania epizodu, natomiast w drugim dniu nastąpiło przeszacowanie stężeń na całym obszarze południowej części kraju. Wysokie stężenia wykazane zostały na terenie województw wielkopolskiego czy zachodniopomorskiego, co nie było odnotowane w pomiarach. W pierwszym dniu epizodu w wynikach modelowania wysokie stężenia występują w województwach śląskim i opolskim co również odpowiada wynikom pomiarów.



Rysunek 168. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 19 i 20.07.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

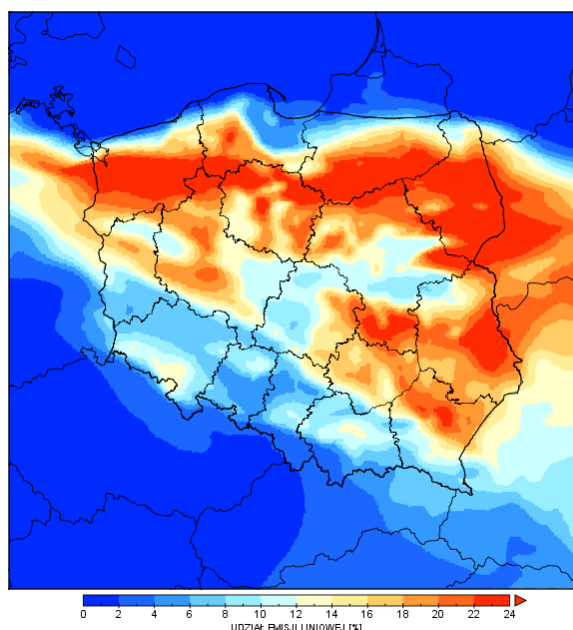
7.13.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

Analiza udziałów źródeł w trakcie trwania epizodu ma za zadanie wskazać potencjalne przyczyny wystąpienia wysokich stężeń ozonu. W pierwszym dniu epizodu w obszarze występowania wysokich stężeń ozonu źródła krajowe nie miały znacznego udziału. Jednakże na pozostałej części kraju ich udział był znaczny. Źródła liniowe miały udział na poziomie 24% w północnych województwach oraz na wschodniej granicy kraju w województwach lubelskim i podlaskim. Do 12% dochodził również udział źródeł naturalnych, które dość rzadko oddziałują w czasie epizodów. W województwach śląskim i opolskim udział tych źródeł nie przekraczał sumarycznie 15%.

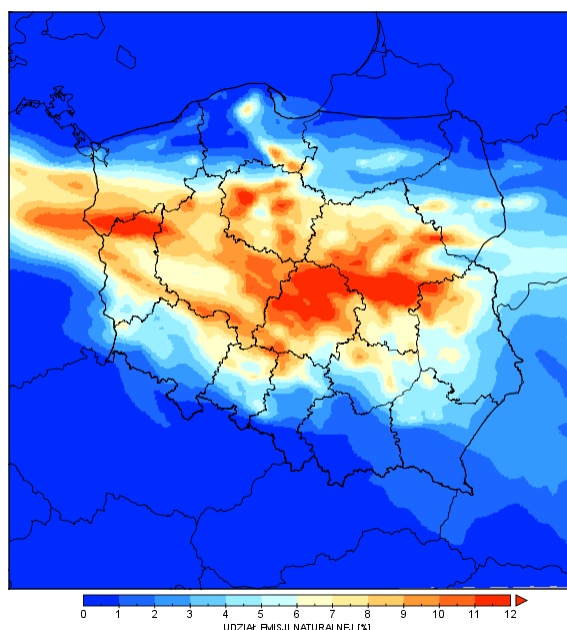
Źródła przemysłowe odpowiadały za 12% stężeń ozonu w województwach centralno-wschodnich tj.: lubelskim, podlaskim, mazowieckim i świętokrzyskim. W województwie śląskim i opolskim w których wystąpiły wysokie stężenia udział tych źródeł nie przekroczył 7%.

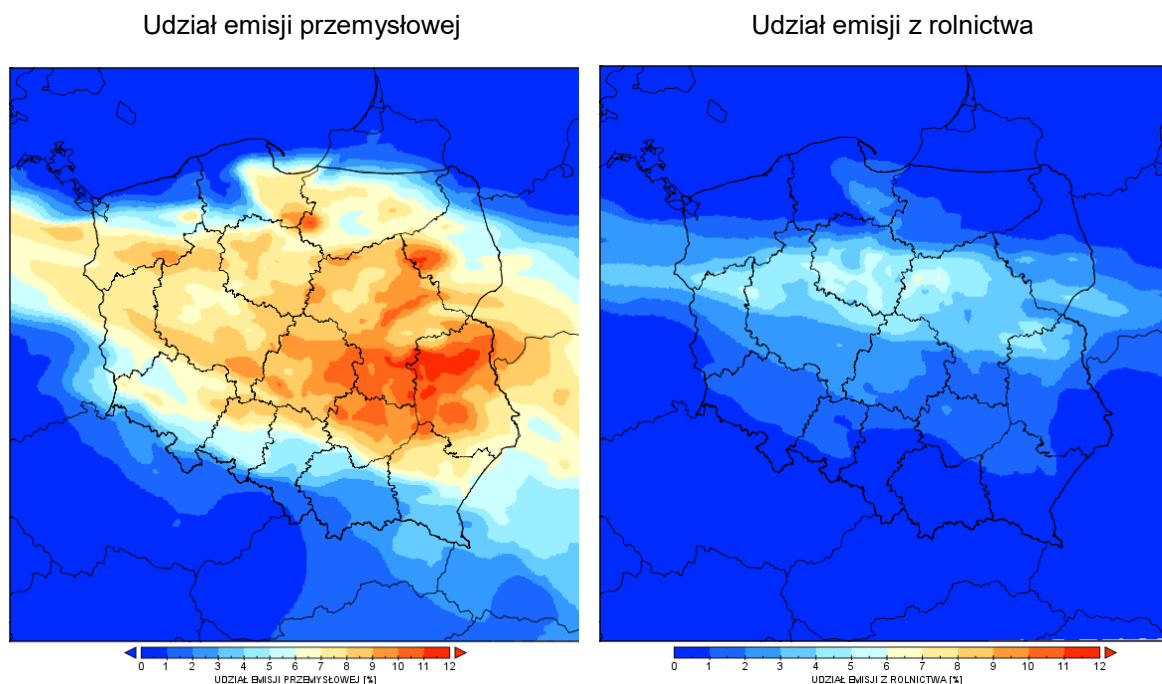
Podobnie jak w poprzednich epizodach źródła krajowe nie odpowiadały za wystąpienie epizodu wysokich stężeń ozonu.

Udział emisji liniowej



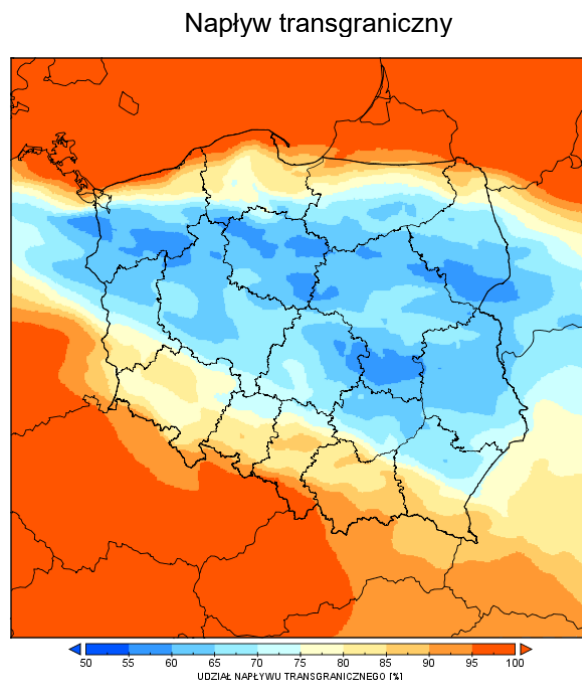
Udział emisji naturalnej





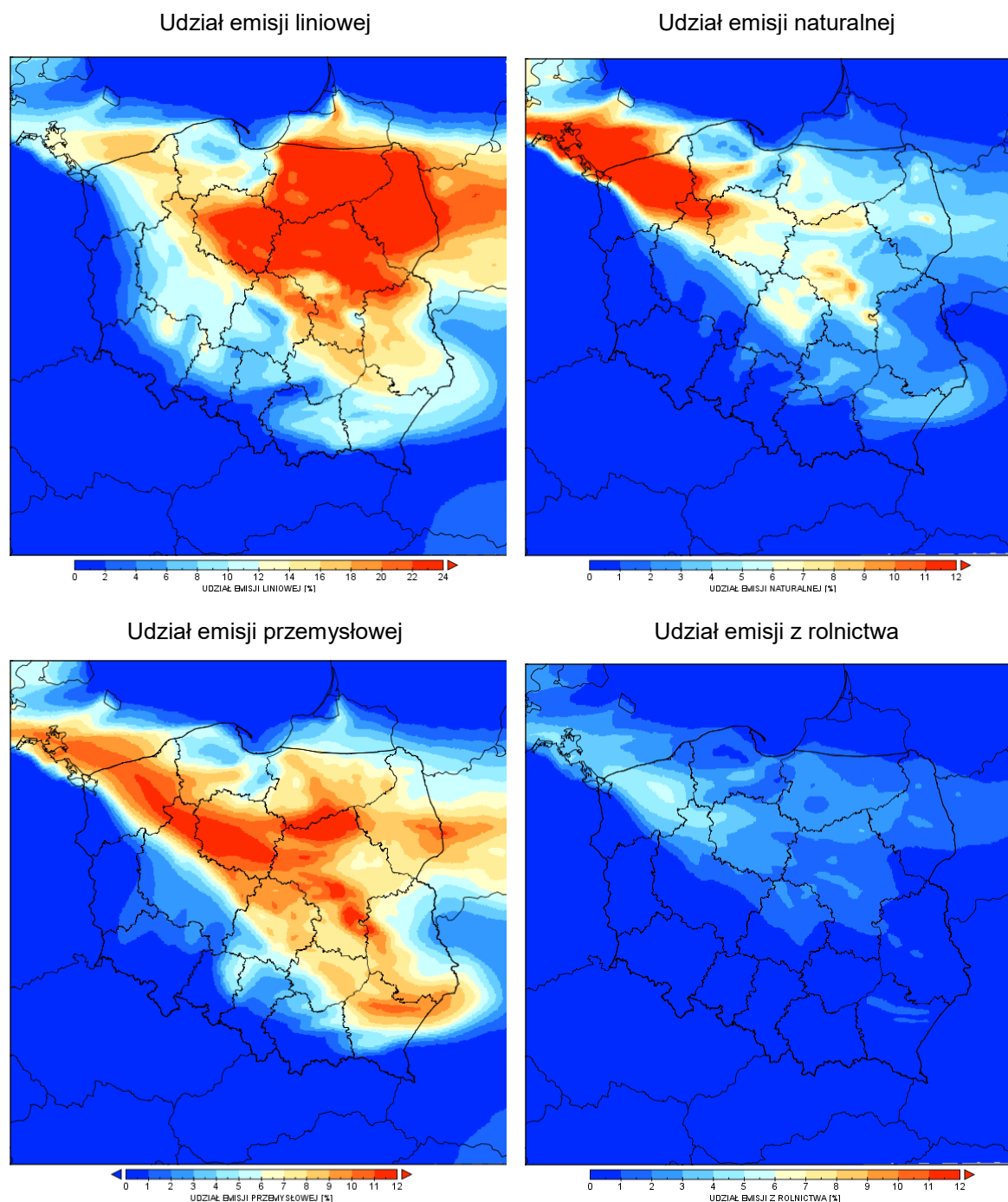
Rysunek 169. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 19.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła transgraniczne miały największy wpływ w pierwszym dniu epizodu na obszarach przygranicznych, szczególnie województwa śląskiego. Na znaczącej części kraju ich udział nie przekraczał 70%.



Rysunek 170. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 19.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

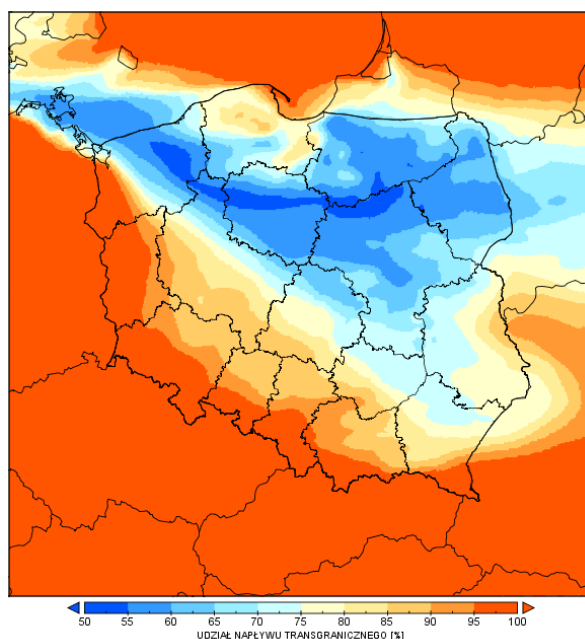
W drugim dniu epizodu udział źródeł krajowych zmniejszył się w stosunku do pierwszego dnia, jednakże w dalszym ciągu dla źródeł liniowych wynosił do 24% w województwach północno-wschodnich i centralnych. Wysokie stężenia ozonu występowały jednak w południowej części kraju, dlatego też źródła te w niewielkim zakresie przyczyniły się do powstania wysokich stężeń ozonu.



Rysunek 171. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła emisji przemysłowej miały największy wpływ na stężenia ozonu w województwach centralnej części kraju, aż do województwa zachodniopomorskiego. Maksymalny ich udział wyniósł 12% w kujawsko-pomorskim, mazowieckim i wielkopolskim.

Źródła transgraniczne odpowiadają za wystąpienie wysokich stężeń ozonu w województwach śląskim, opolskim i małopolskim. Najniższe udziały posiadają źródła transgraniczne w województwach centralnych jak kujawsko-pomorskie, mazowieckie czy podlaskie.



Rysunek 172. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

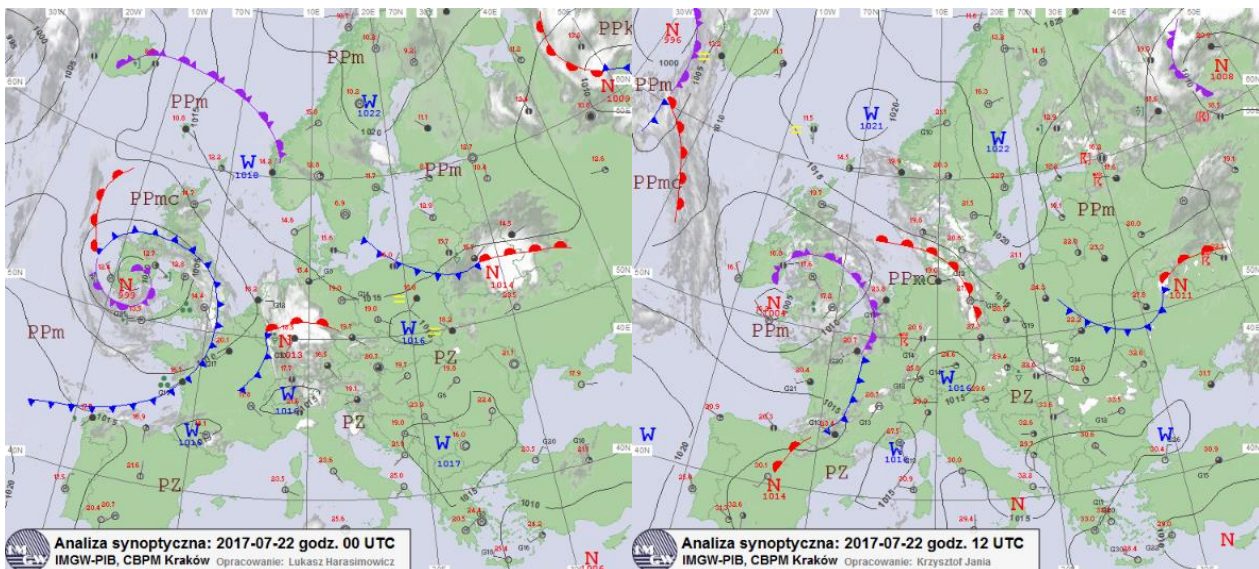
7.14. Epizod 22 lipca 2017

Epizod 22 lipca miał charakter ściśle lokalny. Przekroczenie odnotowano wyłącznie na stacji w Katowicach w województwie śląskim, jakkolwiek geograficzny zasięg podwyższonych stężeń ozonu obejmował maksymalnie do 16 stacji w południowej części kraju (o godzinie 14:00). Długość trwania epizodu w Katowicach wyniosła 8 godzin, z najwyższym stężeniem na poziomie $140,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 16:00.

7.14.1. Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

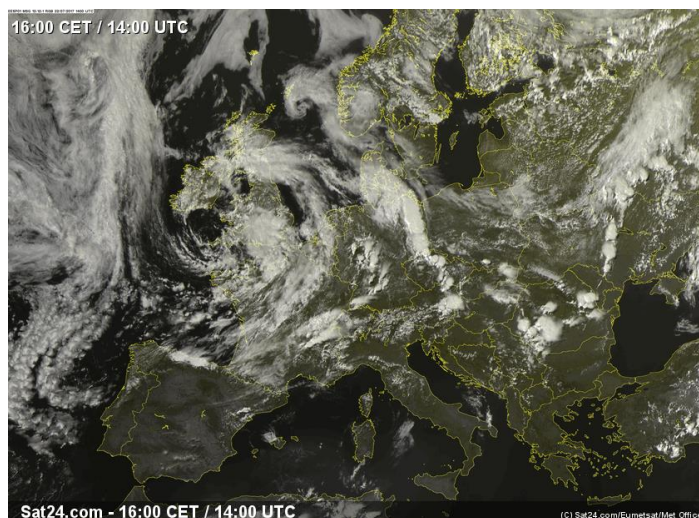
Dzień 22 lipca rozpoczął ciepły, ale wilgotny poranek z licznymi mgłami na południu, od Górnego Śląska przez Małopolskę po Podkarpacie, aż po południową Wielkopolskę i południowe Mazowsze, gdzie występował duży zasób wilgoci w podłożu po występujących w poprzednim dniu opadach oraz słaby gradient baryczny na klinie wyżowym przy dużych nocnych rozpogodzeniach. O północy temperatury kształtowały się na poziomie 18-19 °C, obniżając się stopniowo do godzin porannych. O godzinie 5-

tej najchłodniej było na Kaszubach (około 11 °C). W tym samym czasie na Śnieżce zarejestrowano 13,2 °C, co było efektem napływu ciepłego powietrza przed chłodnym frontem postępującym w naszym kierunku od południowego zachodu.



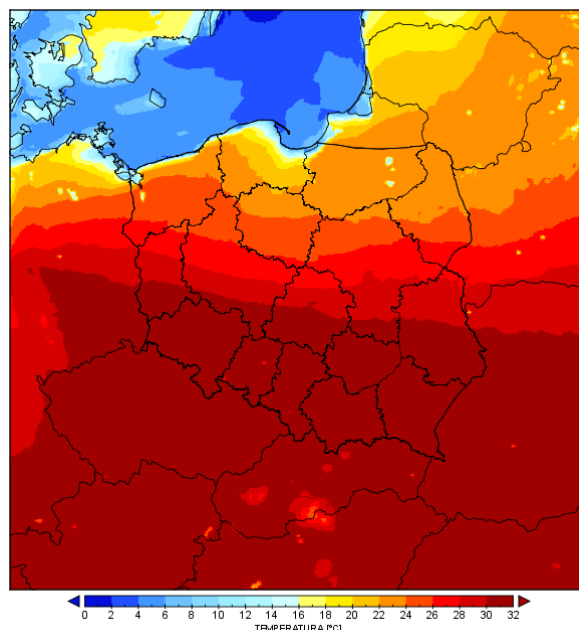
Rysunek 173. Analiza synoptyczna w dniu 22.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

Przy ziemi rozbudował się klin od wyżu znad Morza Norweskiego i Morza Barentsa po środkową część kontynentu nawiązując kontakt z niewielkim wyżem znad Bałkanów, a dalej na południe z wyżem znad środkowych akwenów Morza Śródziemnego. Jeden z ośrodków tego wału (o ciśnieniu w centrum 1016 hPa) występował o północy 22.07 nad Małopolską i Górnym Śląskiem. Tak utworzony wał wyżowy oddzielał od siebie niewielki, ale aktywny niż z pogranicza białorusko-ukraińskiego od niżu znad Irlandii, którego zatoka wychodząca znad Morza Północnego kierowała się na południowy wschód. Klin wyżowy w drugiej połowie dnia powoli ruszył na wschód, ustępując pola zatoce z frontem chłodnym, w strefie którego zachowany był duży potencjał chwiejności.



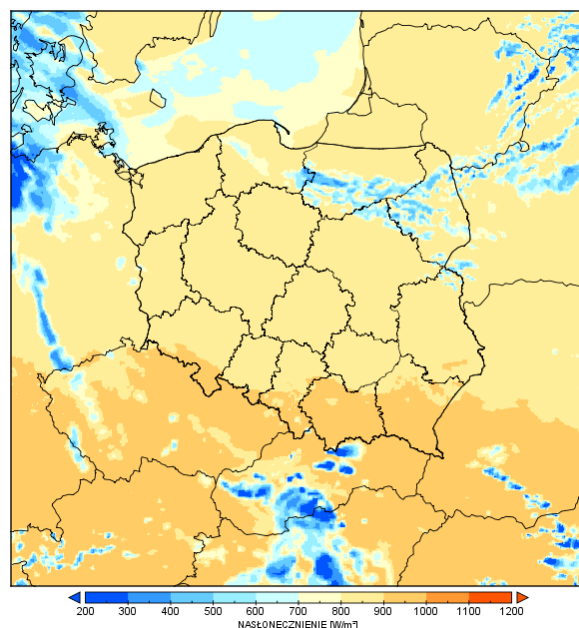
Rysunek 174. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 22 lipca 2017 r. (źródło: Sat24.com)

Pod koniec dnia z zachodu dotarła do Polski strefa burz z opadami deszczu, znad Saksonii i Czech, a nieco później także znad Brandenburgii. Ich aktywność malała w ciągu nocy na południu i w dzielnicach środkowych, dłuższa była jednak nad Wielkopolską, Kujawami i Pomorzem.



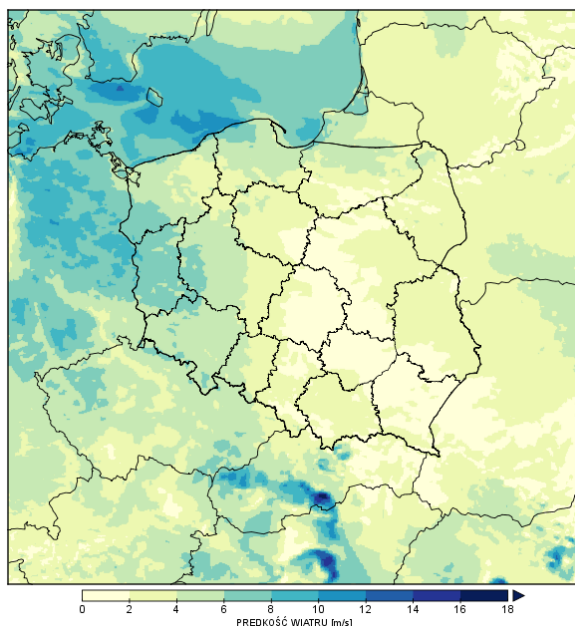
Rysunek 175. Temperatura powietrza w dn. 22.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

W dniu epizodu w południowej i centralnej części kraju temperatura otoczenia przekraczała 30°C. W całym kraju utrzymywały się wysokie temperatury, jedynie w województwie pomorskim temperatura nie przekraczała 24°C.



Rysunek 176. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 22.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego było duże, z lekkim zachmurzeniem w województwie warmińsko-mazurskim i podlaskim.

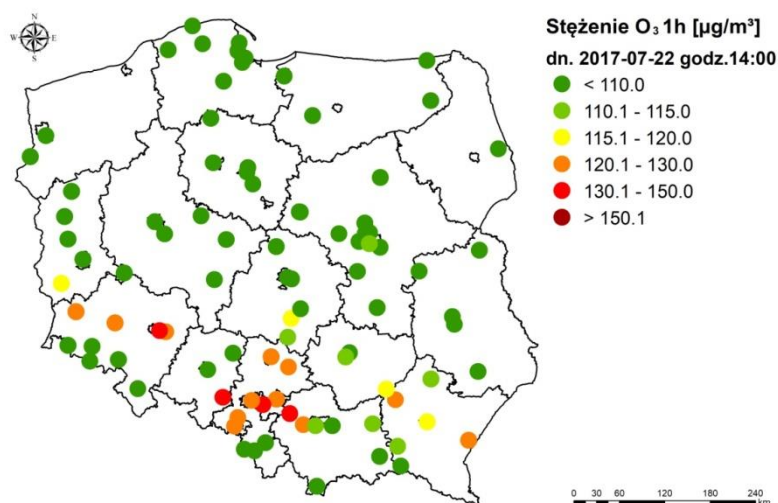


Rysunek 177. Prędkość wiatru w dn. 22.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Prędkość przepływu mas powietrza była w całym kraju dość stabilna i nie przekraczała 4 m/s w przeważającej części kraju, poza województwami zachodnimi, gdzie prędkość sięgała do 8 m/s. Szczególnie w województwach lubuskim i zachodniopomorskim.

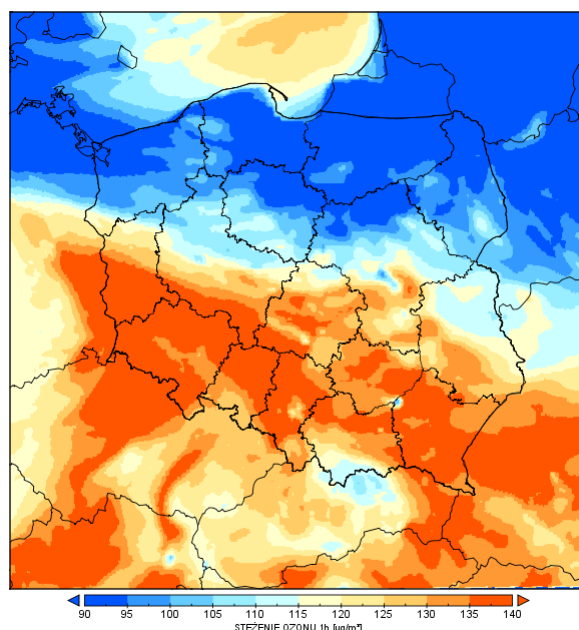
7.14.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Lokalny charakter epizodu wysokich stężeń wskazuje na mały zasięg występowania wysokich stężeń ozonu. Maksymalnie stężenie powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło na 16 stacjach pomiarowych jednocześnie. Jednak tylko na stacji w Katowicach trzymało się przez 8 godzin nieprzerwanie. Maksymalne stężenie wyniosło 143,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wysokie stężenia o godzinie 14:00 czyli w okresie największego zasięgu występowały na stacjach województwa śląskiego i dolnośląskiego, a także województwa podkarpackiego i jednej stacji w województwie opolskim.



Rysunek 178. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 22 lipca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Wynik modelowania w większości zbieżny jest z wynikami pomiarów, chociaż wartości są przeszacowane pod względem ich zasięgu. W wynikach modelowania wysokie stężenia znajdują się na obszarze prawie połowy kraju w jego południowej części. Wyniki na stacjach nie wykazują takiego poziomu stężeń w dniu epizodu.

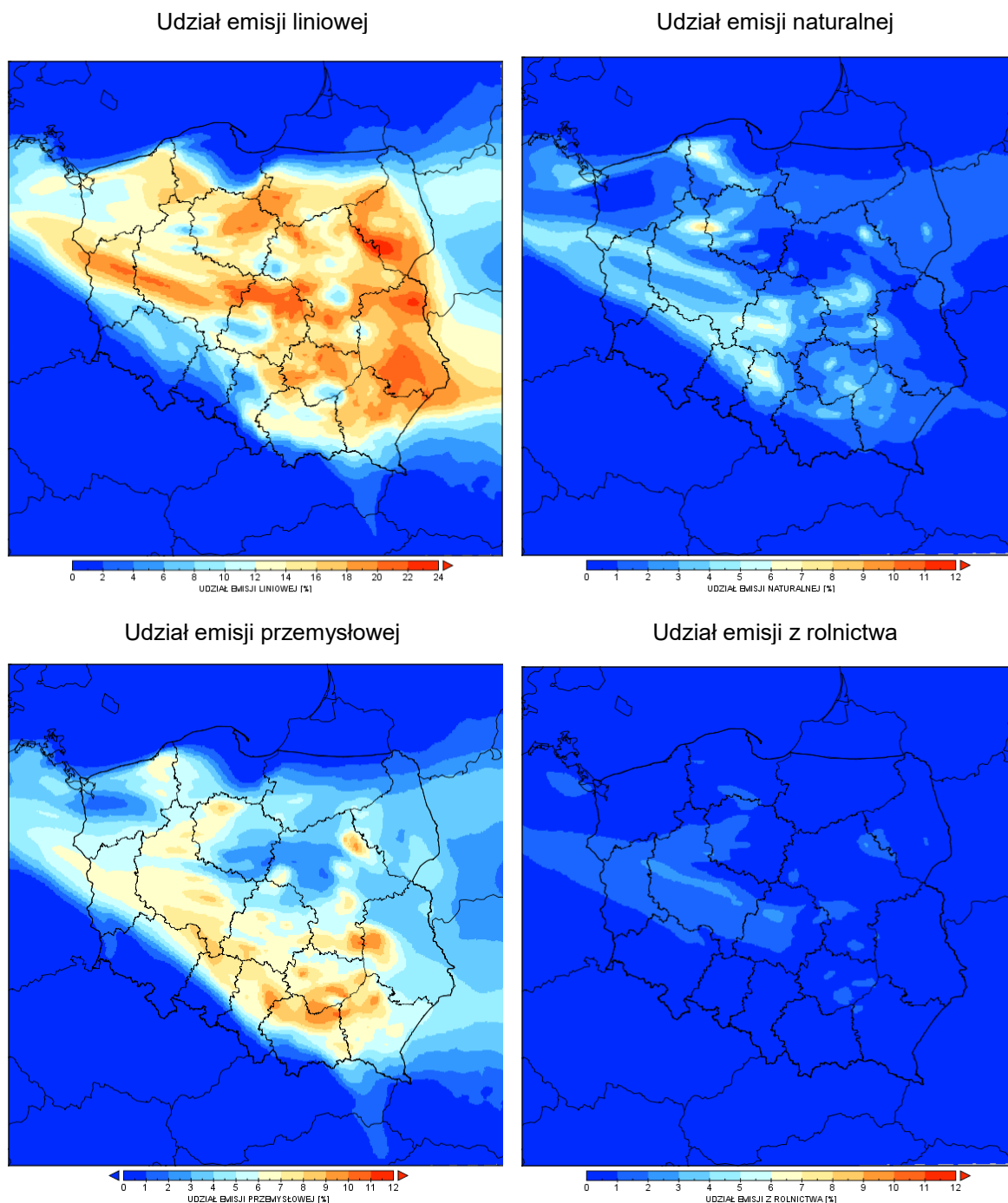


Rysunek 179. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 22.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.14.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

Lokalny epizod wysokich stężeń ozonu ma przyczynę w udziale poszczególnych źródeł emisji w kształtowaniu się stężeń ozonu. Jak wskazują poniższe rysunki największy udział spośród źródeł lokalnych krajowych w kształtowaniu się stężeń ozonu miały źródła liniowe, gdzie na znacznym obszarze kraju udział ich wynosił ponad 20%.

Źródła przemysłowe również oddziaływały na formowanie się ozonu w centralnej i południowej części kraju. Maksymalny ich udział wynosił ponad 9%. Źródła emisji naturalnej i emisji rolniczej nie miały znaczącego udziału.

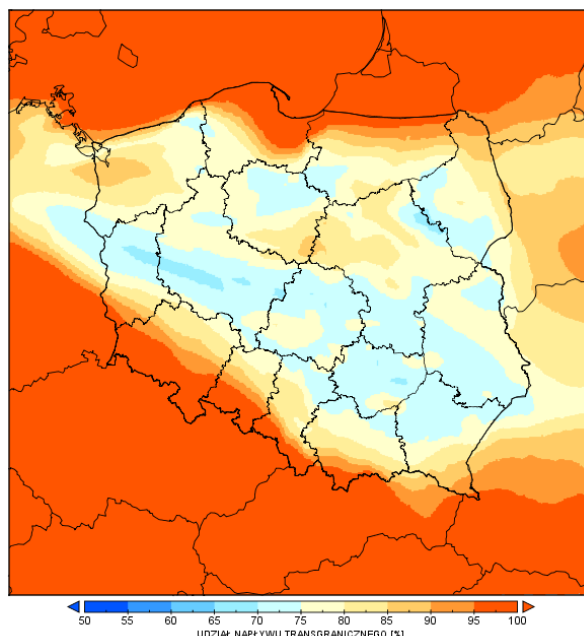


Rysunek 180. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 22.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

W skali kraju widoczny jest spadek udziału źródeł transgranicznych, a granica 75% równa jest prawie granicy kraju. Najniższy udział równy 65% zanotowany został w centralnej części kraju.

Udział źródeł transgranicznych w kształtowaniu się ozonu wynosi na poziomie kraju średnio 75%, jednak w środkowej części kraju udział ten jest na poziomie 70%. W obszarze występowania wysokich stężeń ozonu udział mają zarówno źródła krajowe jak i transgraniczne, przy czym źródła transgraniczne są decydujące o wysokości stężenia.

Napływ transgraniczny



Rysunek 181. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 22.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.15. Epizod 30 lipca - 3 sierpnia 2017

Epizod, który rozpoczął się 30 lipca, początkowo miał charakter lokalnych przekroczeń i w dniach 30-31.07 obejmował 3-5 stacji położonych w środkowej i południowej Polsce (woj. łódzkie, śląskie, świętokrzyskie i małopolskie). Maksymalne stężenia rejestrowano w tych dniach w godzinach popołudniowych, między 13:00 a 18:00. W pierwszym dniu najwyższe stężenie ($136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 17:00) zanotowano w Częstochowie, natomiast w drugim dniu epizodu $151,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w Dąbrowie Górniczej o godzinie 14:00. Przeciętny czas trwania wysokich stężeń wynosił w obu dniach 8 godzin, jedynie w Kaszowie w Małopolsce osiągnął 10 godzin.

W trzecim dniu epizod zmienił charakter na regionalny i objął 23 stacje, stając się tym samym najbardziej rozległym geograficznie epizodem w 2017 roku. O godzinie 16:00 wysokie stężenia ozonu odnotowano łącznie na 56 stacjach. Przekroczenia występowały na południu: na Dolnym i Górnym Śląsku oraz Opolszczyźnie i w Małopolsce, a także w środkowej części kraju, w woj. wielkopolskim, łódzkim, kujawsko-pomorskim i mazowieckim. Czas trwania przekroczeń na pojedynczych stacjach wynosił zwykle 9-11 godzin. Najdłużej, bo aż 14 godzin bez przerwy trwały

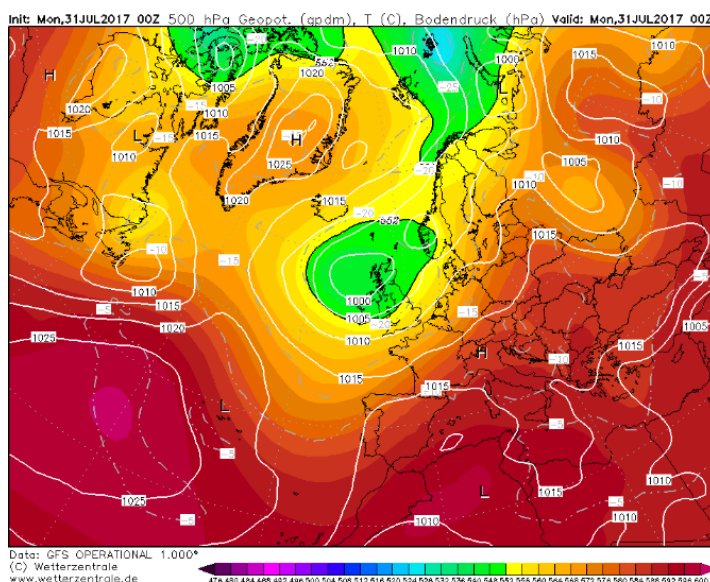
przekroczenia na stacji w Wałbrzychu na Dolnym Śląsku. Większość maksimów wystąpiła między godziną 13 a 17:00, przy czym najwyższe stężenie w tym dniu odnotowano w Gutach Dużych na Mazowszu (prawie $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 16:00).

W dniach 2-3 sierpnia przekroczenia znów miały charakter lokalny i obejmowały 2 do 5 stacji w Polsce południowej (2.08 w woj. opolskim i małopolskim, a 3.08 w woj. śląskim, świętokrzyskim i podkarpackim). Czas trwania epizodu wynosił przeciętnie 8-9 godzin. Najdłużej w tym okresie, bo 11 godzin, rejestrowano wysokie stężenia w Połańcu w woj. świętokrzyskim. Najwyższe stężenia zanotowano 2.08 w Szarowie w woj. małopolskim ($149,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 12:00), a 3.08 w Nowinach w woj. świętokrzyskim ($167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 16:00).

7.15.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

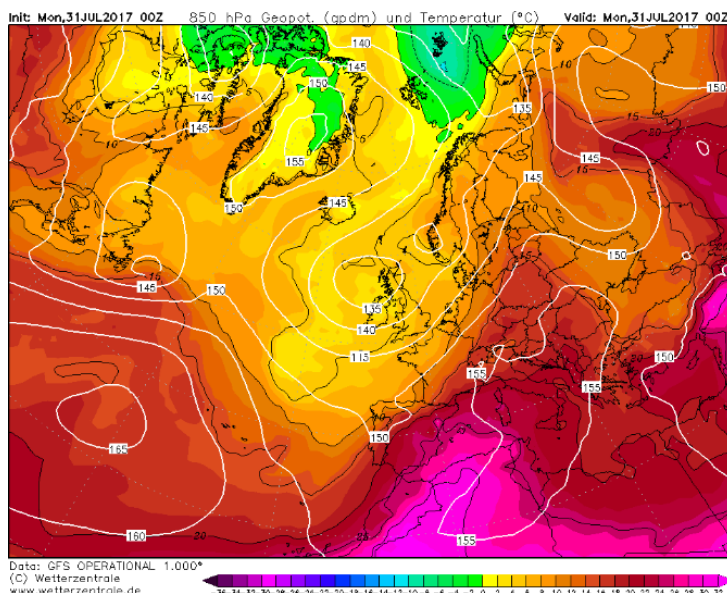
Charakterystycznym elementem warunków meteorologicznych w opisywanym okresie w południowej i środkowej części kraju, gdzie występowały przekroczenia normatywnych stężeń ozonu, była stała obecność zwrotnikowych mas powietrza oraz występowanie wysokich temperatur, przekraczających w ciągu dnia 30°C .

Przeważającym kierunkiem przepływu mas powietrza nad Polską był kierunek południowo – zachodni. Zbliżona sytuacja utrzymywała się w ciągu kolejnych kilku dni. Na mapach geopotencjału 500 hPa z 31.07 widać jak w środkowej troposferze zatoka niżu z rejonu Wysp Brytyjskich zwiększa swą amplitudę i sięgała Wysp Kanaryjskich. W tym czasie wzrastał klin geopotencjału nad kontynentem sięgając północnej Rosji. Między tymi wielkoskalowymi ośrodkami znajdował się front polarny, który z biegiem czasu uległ zafalowaniu.



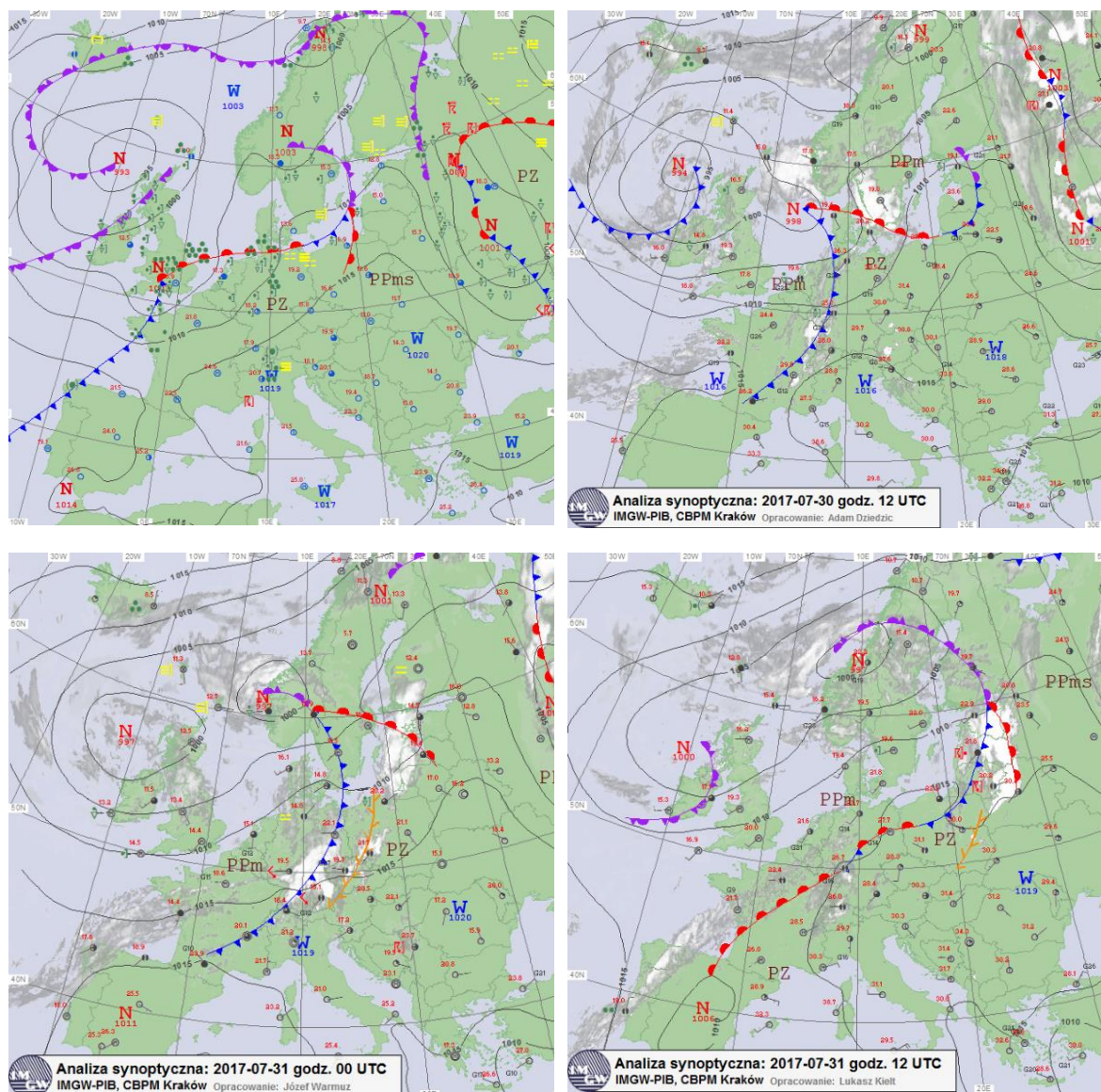
Rysunek 182. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 30.07.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.)

Z kolei na mapach powierzchni 850 hPa modelu GFS z temperaturą ekwiwalentno-potencjalną widać pola z najwyższą temperaturą, pokrywające się z najwyższą energią konwekcji i aktywnością burzową. Na załączonej mapie z tego samego dnia wyraźnie widać klin ciepłego powietrza wychodzący z Afryki północnej w stronę Europy środkowej. Wraz z zafalowaniem frontu w kolejnych dniach do Polski napłynęła następna porcja ciepłego powietrza.



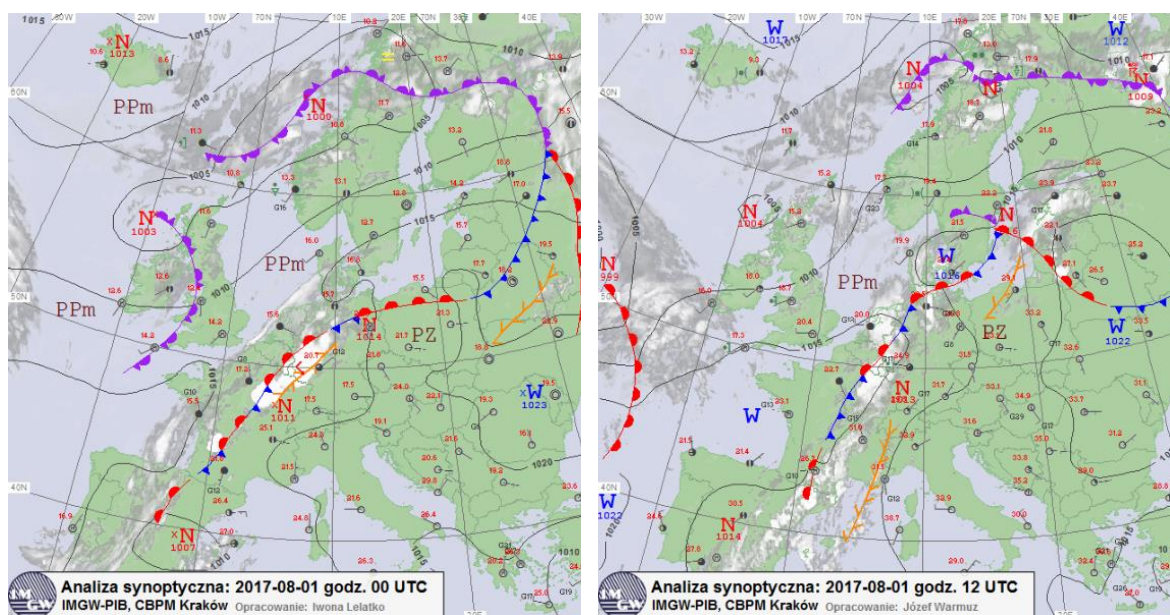
Rysunek 183. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 31.07.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.)

Przebieg zjawisk pogodowych w dniach 30.07 – 3.08 przedstawiał się następująco. W dniu 30 lipca zachmurzenie było niewielkie lub nie występowało wcale. Polska była w zasięgu ciepłego powietrza, strefy opadów przelotnych i burz były poza granicami kraju, nad Bałtykiem i w Czechach. Wieczorem od północnego zachodu wkroczył front chłodny i przemieszczał się pomału w kierunku północno wschodnim. Wzdłuż jego linii przesuwały się struktury zachmurzenia kłębiastego. W południe 31 lipca front przebiegał od Cedyni po Mazury, dzieląc obszar kraju pod względem termicznym na dwie części, z gorącym powietrzem na południowym wschodzie i chłodniejszym od zachodu. W północnym odcinku frontu utrzymywały się chmury Cb z licznymi burzami i towarzyszącymi im opadami przelotnymi deszczu. Pod koniec dnia opady i burze, ale o mniejszym zasięgu terytorialnym, występowały także na południowym wschodzie, od Polesia Lubelskiego po Małopolskę i Podkarpacie.



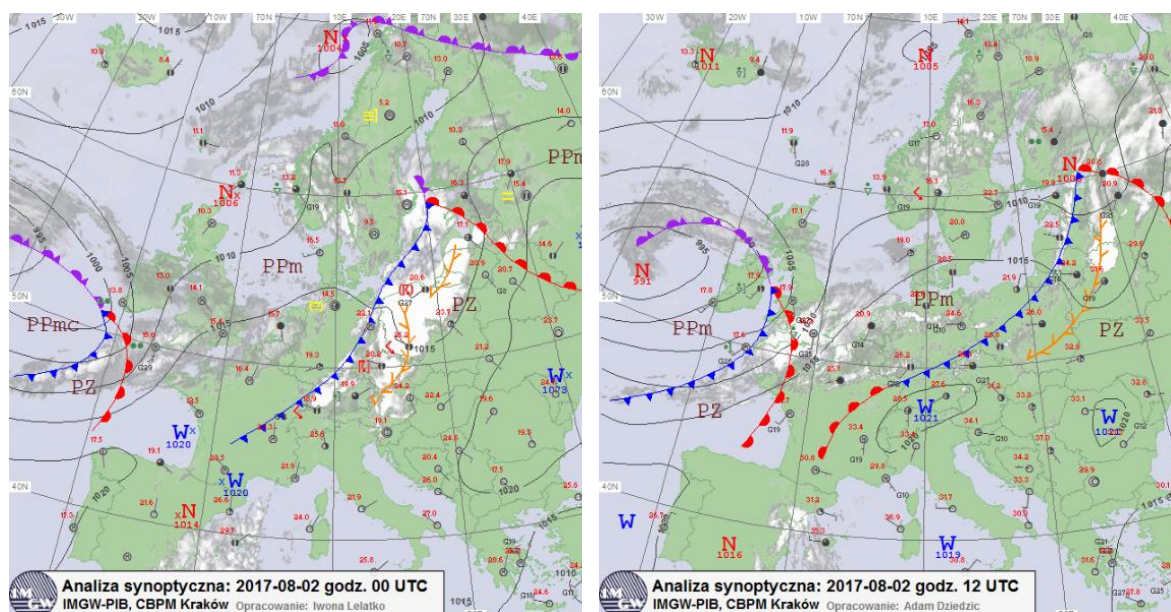
Rysunek 184. Analiza synoptyczna w dniach 30 i 31.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

W miarę przesuwania się frontu na wschód, w chłodniejszym powietrzu następowała kompensacja ciśnienia, prowadząca 1 sierpnia do rozbudowy klina wyżowego nad krajem, połączonego z ośrodkiem nad Ukrainą. Na północy układ ten sięgał po środkowy Bałtyk i Estonię. Po jego zachodniej stronie, prosto z południa napływało do nas suche, upalne powietrze zwrotnikowe z temperaturą 34- 36 °C, przez Czechy, Słowację i zachodnią Ukrainę, zaciągane znad mocno wygrzanych Bałkanów. Upalna pogoda, z temperaturami przekraczającymi 20 stopni także w nocy wyraźnie wpłynęła na wysokie stężenia ozonu, które w tym czasie obserwowane były na przeważającym obszarze kraju. Na północy Polski, w strefie kolejnego zafalowanego frontu chłodnego, nadal było pochmurno z intensywnymi opadami deszczu oraz burzami.



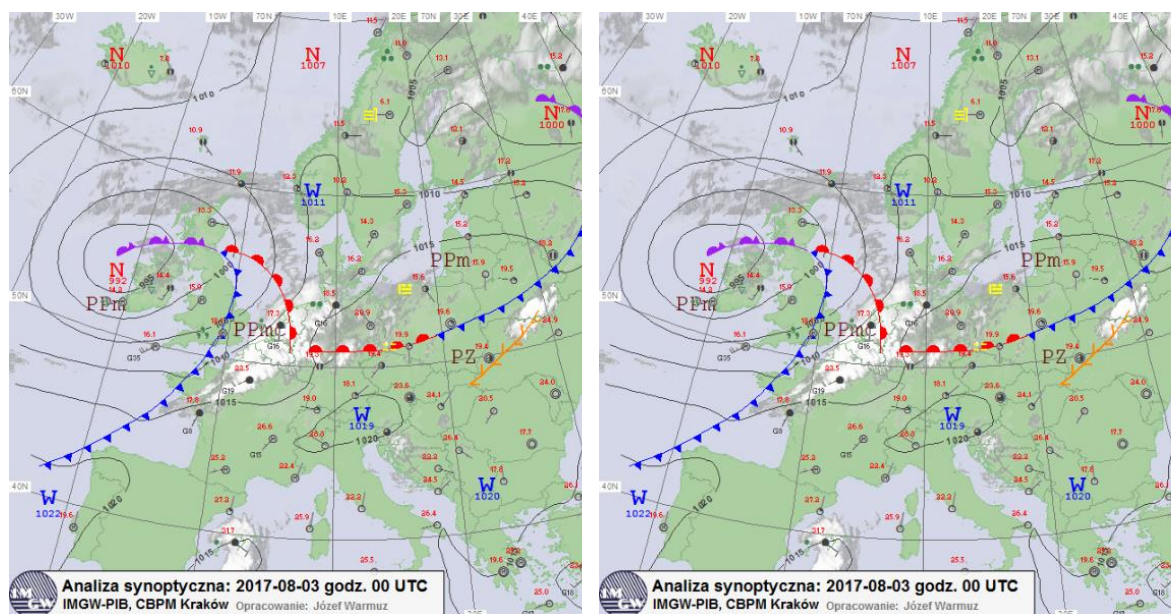
Rysunek 185. Analiza synoptyczna w dniu 1.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PIB, CBPM Kraków).

Główny front atmosferyczny, oddzielający od siebie upalne powietrze zwrotnikowe po wschodniej stronie od zdecydowanie chłodniejszego powietrza polarnego po stronie zachodniej, rozciągał się od południowej Szwecji po południową Hiszpanię i w kierunku Wysp Kanaryjskich. W południe Nad Jutlandią i Francją zaczęło się tworzyć kolejne zaburzenie falowe w obrębie frontu. Wieczorem 1.08 weszło ono nad Polskę od północnego zachodu i przemieszczało się w kierunku Zatoki Gdańskiej i dalej nad Bałtyk. W tym czasie front chłodny wychodzący z jego centrum stopniowo przesuwał się na wschód, przynosząc pogorszenie pogody, ponieważ w jego strefie, na znacznym kontraście termicznym, występowały burze z opadami deszczu, lokalnie o dużej intensywności. W południe 2.08 front nad Polską rozciągał się od Bogatyni po Suwałki, a centrum zatoki niżowej znajdowało się nad Zatoką Fińską. Południowo-wschodnia część kraju pozostawała pod wpływem gorącego powietrza, którego temperatura przekraczała 32°C. Tam też, od Śląska po Podkarpacie, przy większym dopływie energii słonecznej zanotowano dłuższe przekroczenia stężeń 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ozonu. W środkowej, północnej i zachodniej Polsce już rozprzestrzeniała się strefa zachmurzenia związana ze strefą zbieżności przed frontem. Wieczorem burze przechodziły od Pomorza Zachodniego po Kujawy.

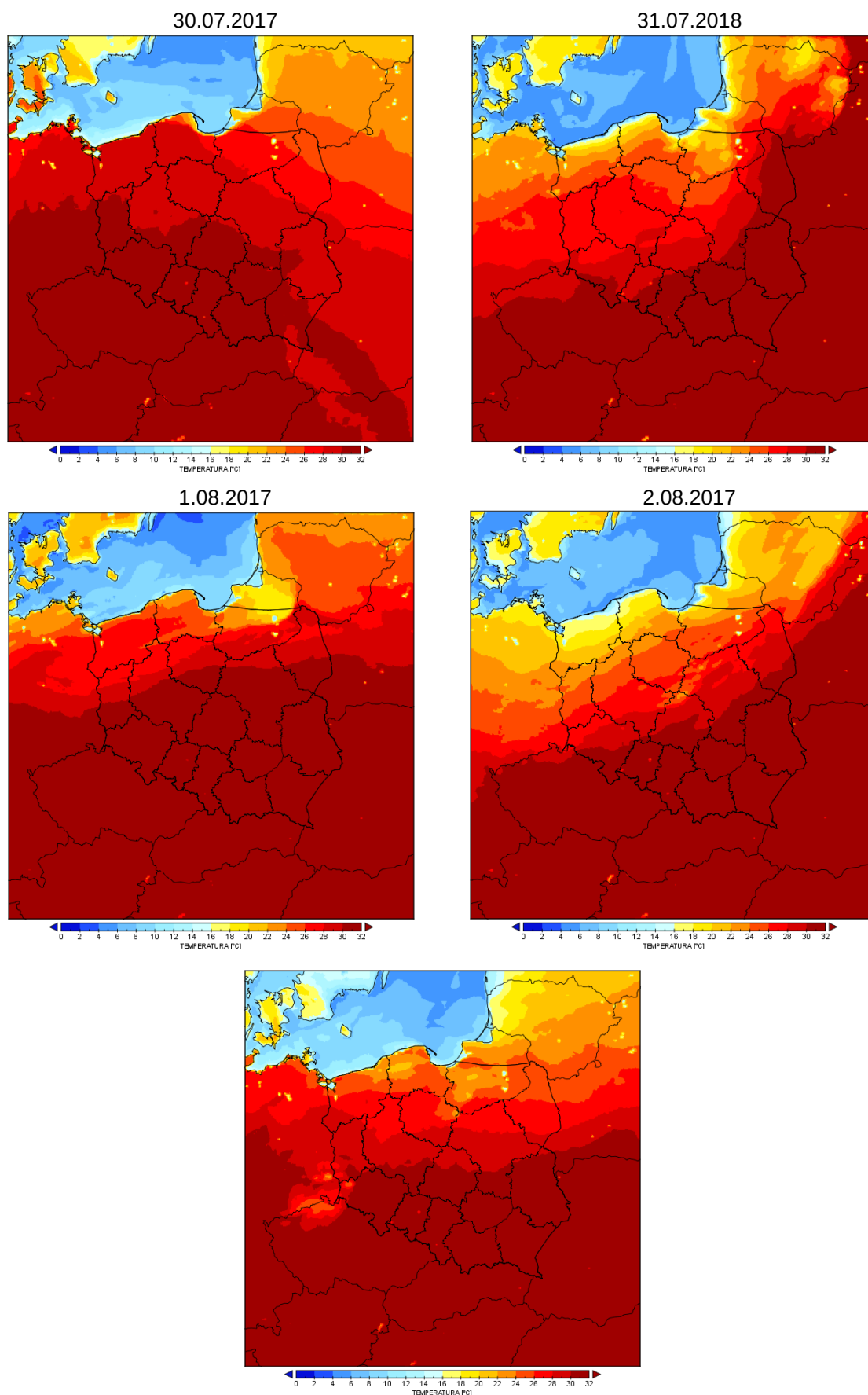


Rysunek 186. Analiza synoptyczna w dniu 2.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

W tym czasie głębszy ośrodek niżowy znad Atlantyku nadciągał już nad Irlandię i Szkocję, przynosząc w kolejnych dniach zmianę pogody także i u nas. Wyprzedzająca go zatoka niżowa 3 sierpnia u schyłku dnia dotarła do nas znad Niemiec, prowadząc w swojej tylnej części świeże powietrze polarne, które postępując na wschód i południowy wschód, wypierać zaczęło upalne powietrze zwrotnikowe. Ostatecznie proces ten zakończył się nad Polską w nocy z 4 na 5 sierpnia, jednak 4 sierpnia nie odnotowano już epizodu przekroczeń dla ozonu.

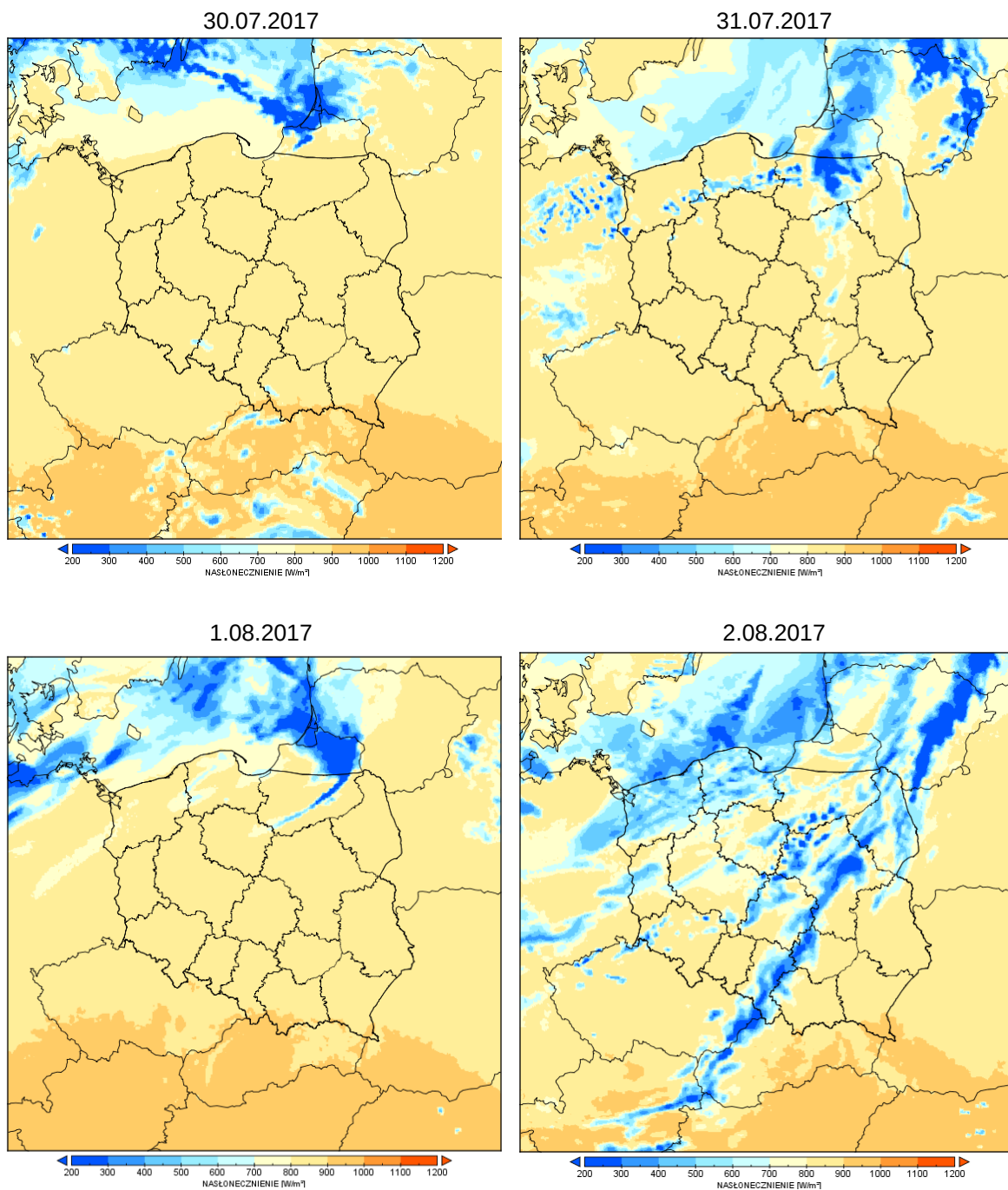


Rysunek 187. Analiza synoptyczna w dniu 3.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

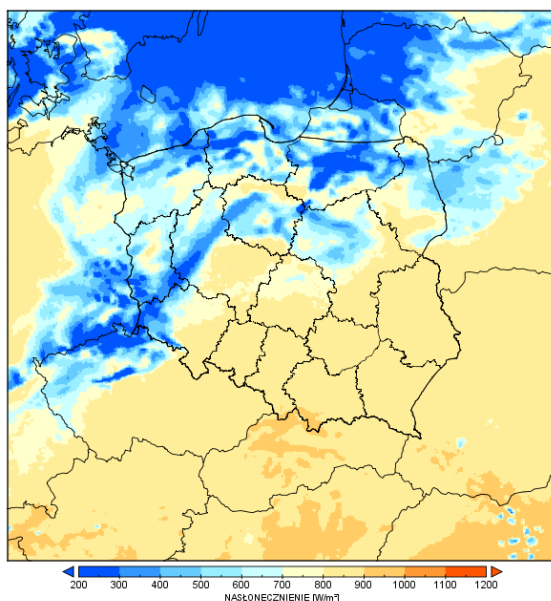


Rysunek 188. Temperatura powietrza w dniach 30 i 31 lipca oraz 1-3 sierpnia 2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Temperatura w całym kraju w czasie epizodu była dość wysoka do 32°C w części południowej kraju. Najniższa temperatura około 24°C odnotowana była na Pomorzu. Widoczne było silne oddziaływanie napływu ciepłych mas powietrza z południa, co cały kraj podzieliło na dwie strefy zmiany temperatury powietrza.



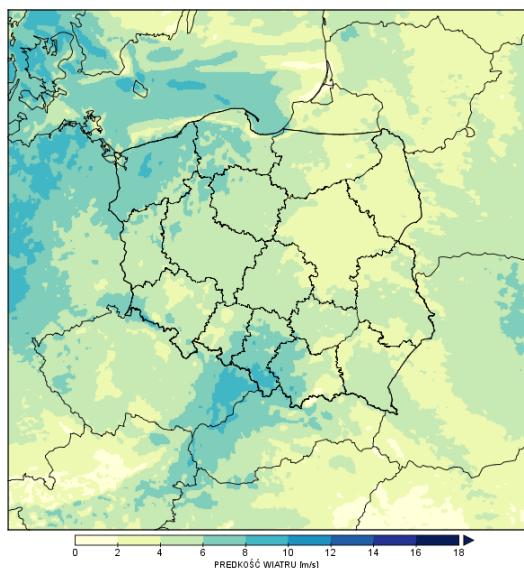
3.08.2017



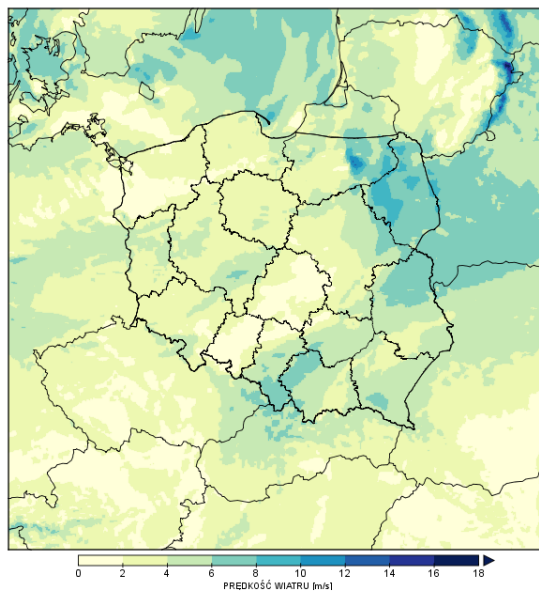
Rysunek 189. Natężenie promieniowania słonecznego w dniach 30,31 lipca i 1-3 sierpnia 2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

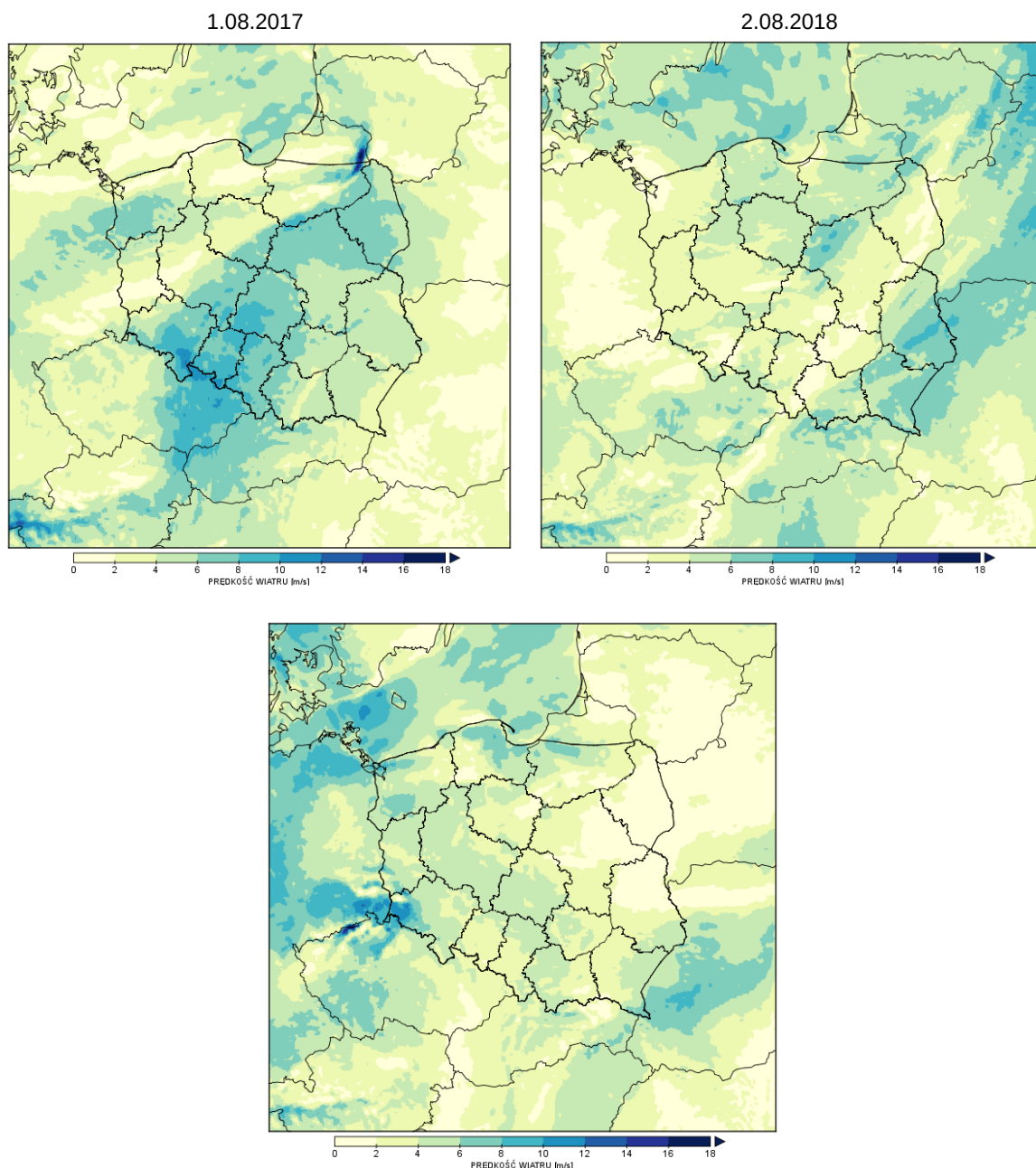
W pierwszych dniach trwania epizodu nasłonecznienie nad całym krajem było duże. W kolejnych dniach nad północną i centralną Polską oraz nad województwami śląskim i świętokrzyskim występowało zachmurzenie.

30.07.2017



31.07.2017





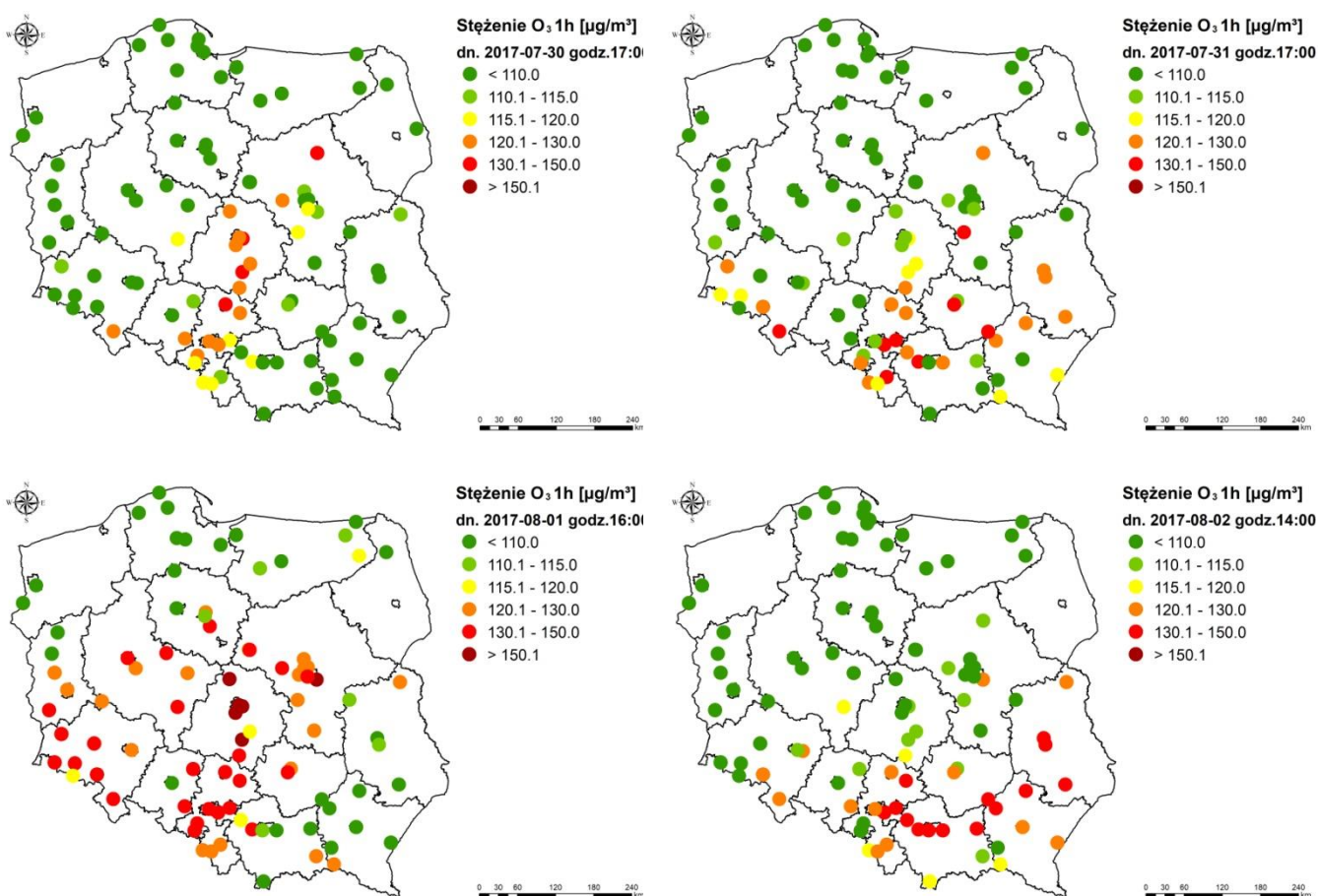
Rysunek 190. Prędkość wiatru w dniach 30, 31 lipca, 1-3.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

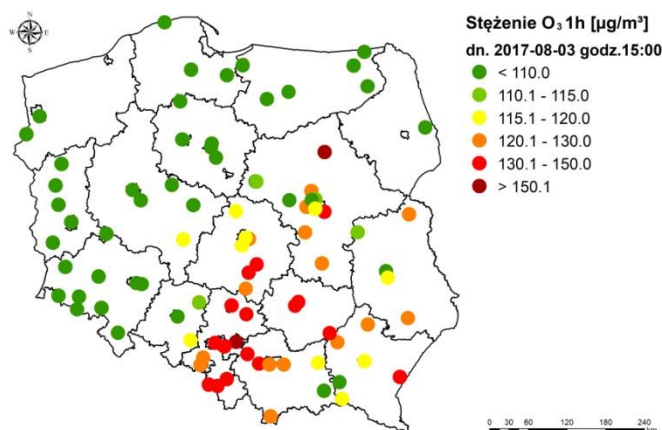
Pod koniec lipca prędkość przepływu mas powietrza była nie stabilna. Na początku trwania epizodu silniejsze ruchy mas powietrza obserwowane były w województwach zachodniopomorskim i śląskim a następnie na północnym zachodzie. W pozostałej części kraju prędkość wiatru nie przekraczała 4 m/s. Na początku sierpnia mocniejszy wiatr wiał w województwach dolnośląskim, opolskim, śląskim i łódzkim. W kolejnych dniach przepływ mas powietrza uspakajał się i na całym terenie kraju prędkość wiatru nie przekraczała 6 m/s za wyjątkiem zachodniej części województwa dolnośląskiego gdzie wiało z prędkością 12 m/s.

7.15.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Epizod w dniach 30-31 lipca był o zasięgu lokalnym, a wysokie stężenia ozonu wystąpiły przez ponad 8 godzin na maksymalnie 5 stacjach jednocześnie. Najdłużej w tych dniach wysokie stężenia utrzymywały się na stacji w Kaszowie w województwie małopolskim - przez 10 godzin. W kolejnym dniu epizod przeszedł w zasięg regionalny i objął jednocześnie 23 stacje na których średnio po 10 godzin występowały wysokie stężenia. największy zasięg wysokich stężeń w tym dniu objął 56 stacji. W następnych dniach zasięg występowania epizodu znów zmienił się na zasięg lokalny. W dniach od 2 do 3 sierpnia wysokie stężenia wystąpiły jednocześnie maksymalnie na 34 stacjach. Średnio maksymalne stężenia na stacjach wynosiły około 130-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Obszar występowania wysokich stężeń znajdował się w pierwszych dniach epizodu w województwach łódzkim, mazowieckim oraz śląskim. W dniu 1 sierpnia zasięg był znacznie większy, ponieważ objął praktycznie środkową część kraju. W kolejnych dwóch dniach wysokie stężenia utrzymywały się tylko w województwie śląskim, małopolskim, podkarpackim czy lubelskim.

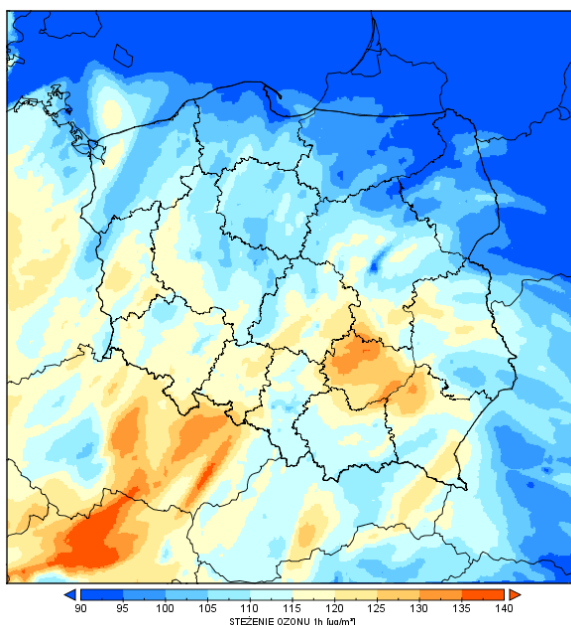




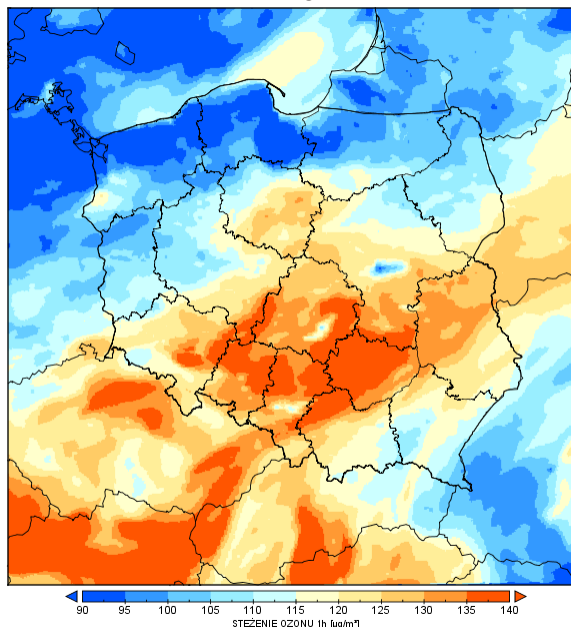
Rysunek 191. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniach 30, 31 lipca, oraz 1, 2, 3 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMS).

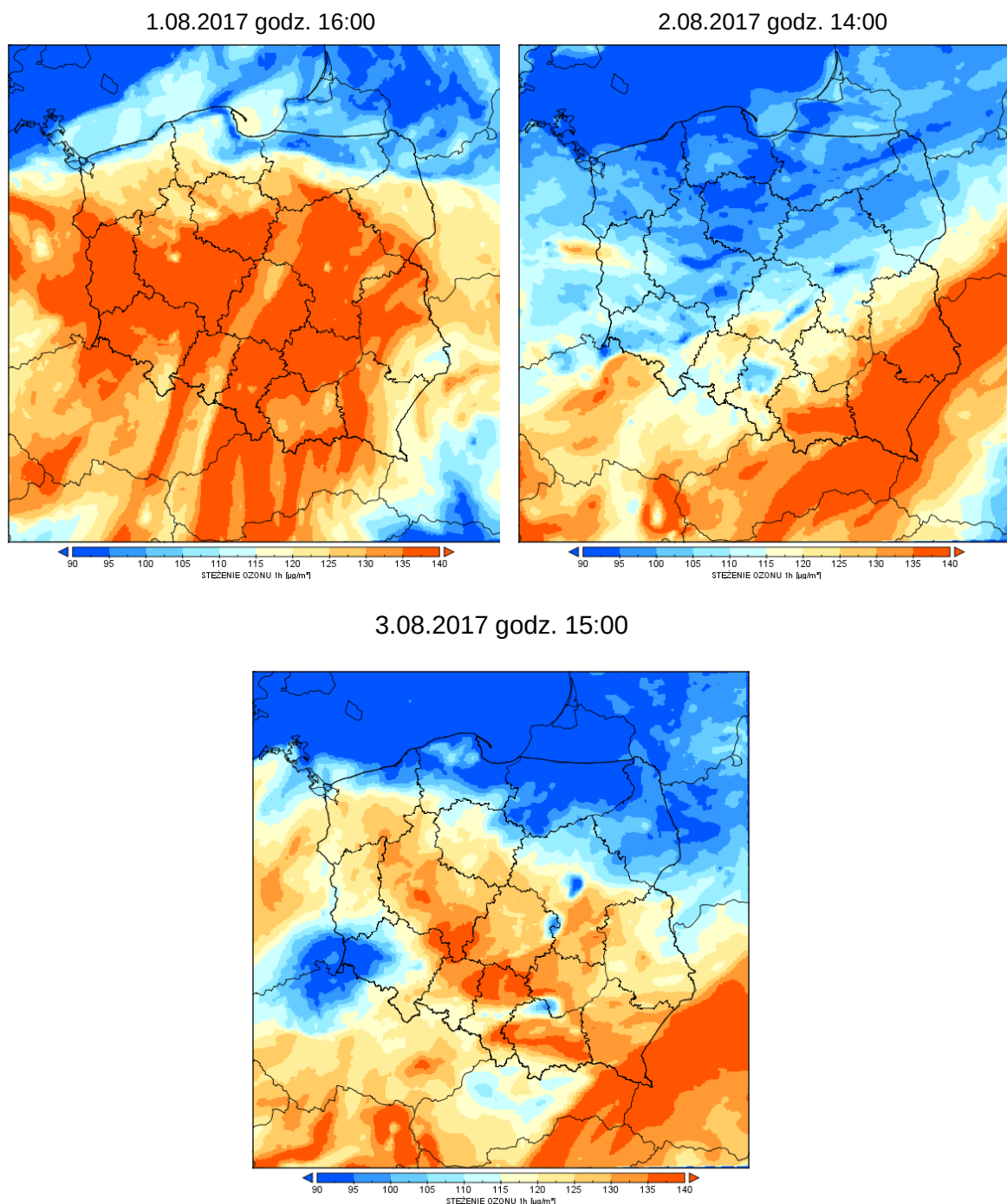
Wyniki modelowania dla każdego z dni odzwierciedlają wyniki pomiarów, wskazując na wysokie stężenia ozonu w tych samych obszarach jak wyniki pomiarów. Najbardziej widoczne jest to w trakcie epizodu regionalnego w dniu 1 sierpnia 2017, kiedy nad znaczną częścią kraju rozciągał się pas wysokich stężeń, gdzie jedynie w województwach pomorskim, warmińsko-mazurskim i zachodniopomorskim występowały stężenia poniżej $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Podobnie w dniu 2 sierpnia wysokie stężenia koncentrują się w południowo-wschodniej części kraju, tak jak na to wskazują wyniki pomiarów.

30.07.2017 godz. 17:00



31.07.2017 godz. 17:00



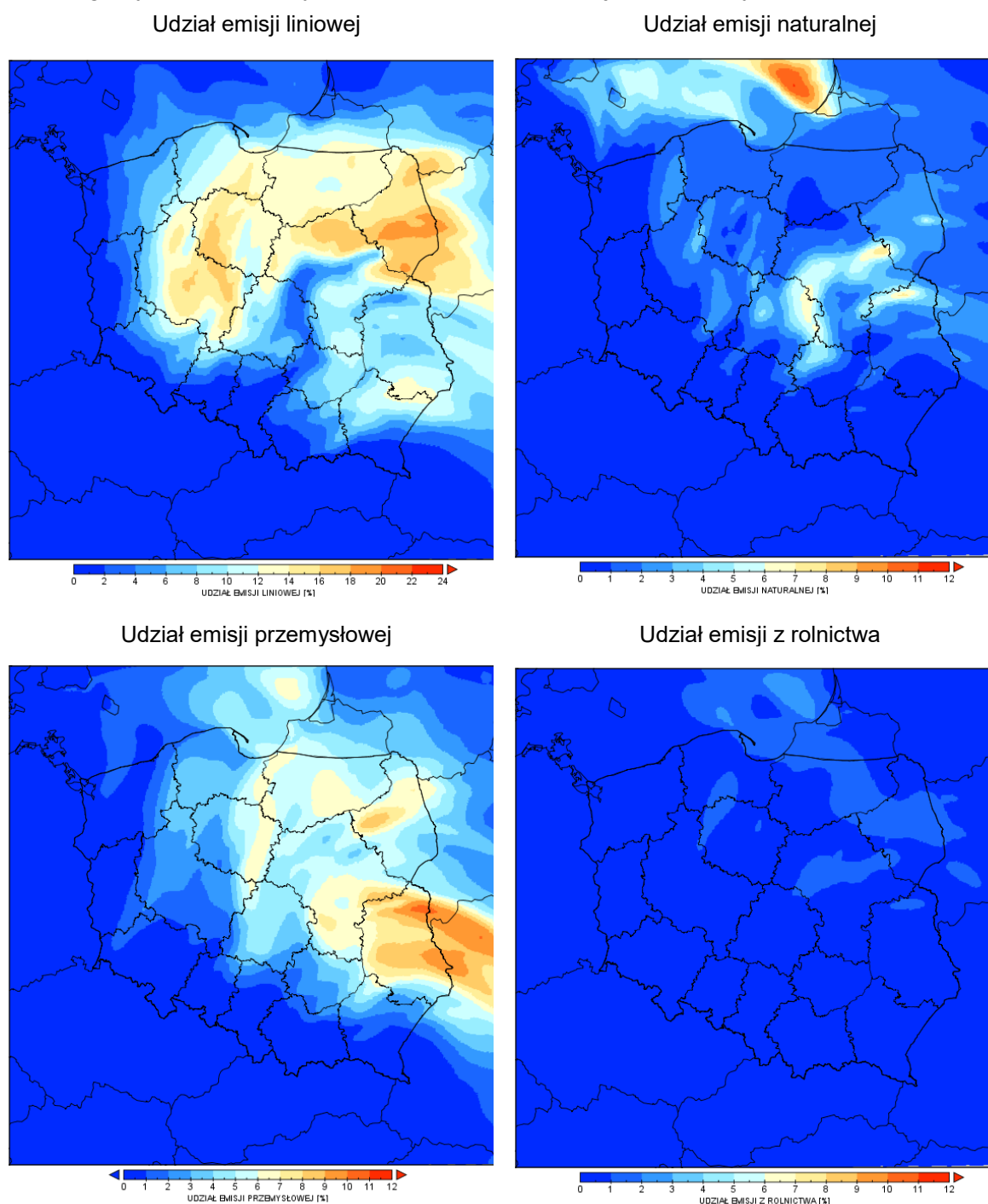


Rysunek 192. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dniach 30, 31 lipca, 1-3.08.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.15.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

W pierwszym dniu wystąpienia epizodu źródła krajowe wpływały w umiarkowanym zakresie na wysokość stężeń ozonu. Największy udział miały źródła liniowe, których udział sięgał 22% w rejonach województwa podlaskiego, oraz 20% w województwie mazowieckim, kujawsko-pomorskim i wielkopolskim. Źródła przemysłowe wpływały w największym stopniu na stężenia w województwie lubelskim,

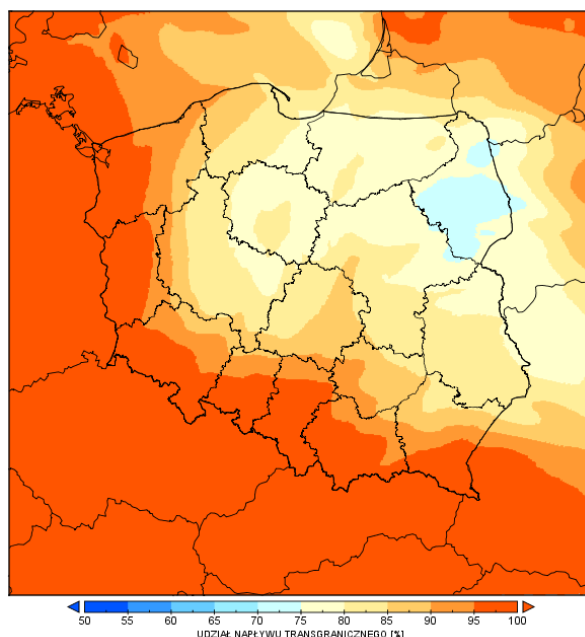
gdzie ich udział wynosił nawet 12%. Źródła naturalne i rolnictwo nie wpływały w szczególny sposób na stężenia ozonu na terenie kraju w pierwszym dniu epizodu.



Rysunek 193. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Napływ transgraniczny miał największy wpływ na stężenia ozonu na obszarze województw południowych, natomiast najniższy na obszarze województwa podlaskiego (70%). W obszarze wysokich stężeń to źródła transgraniczne były najbardziej istotne.

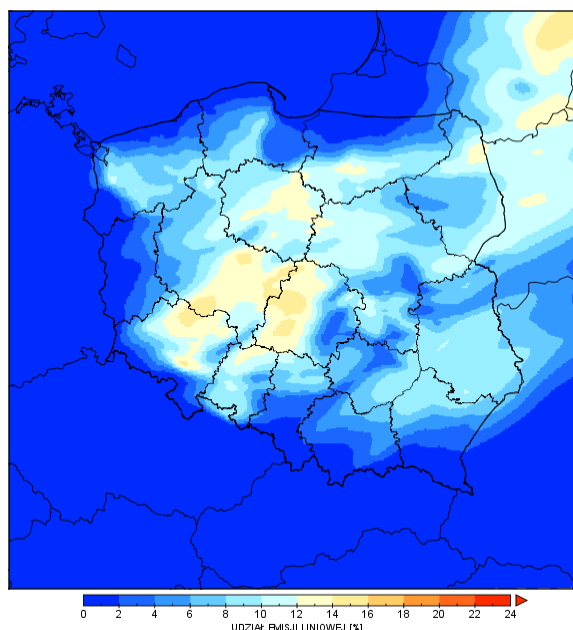
Napływ transgraniczny



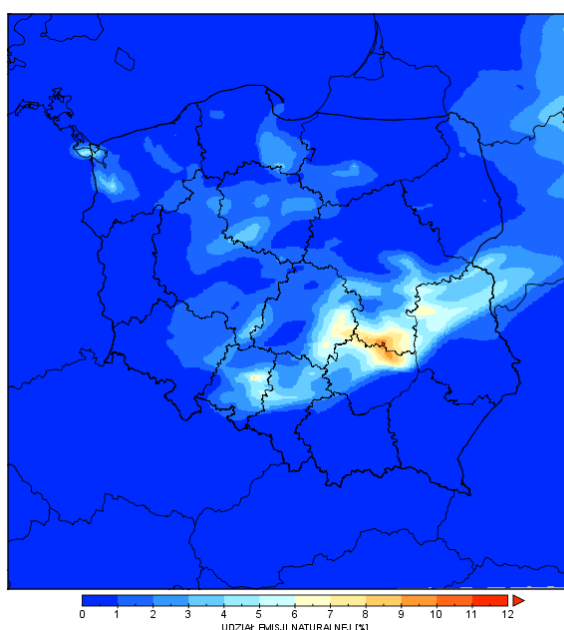
Rysunek 194. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

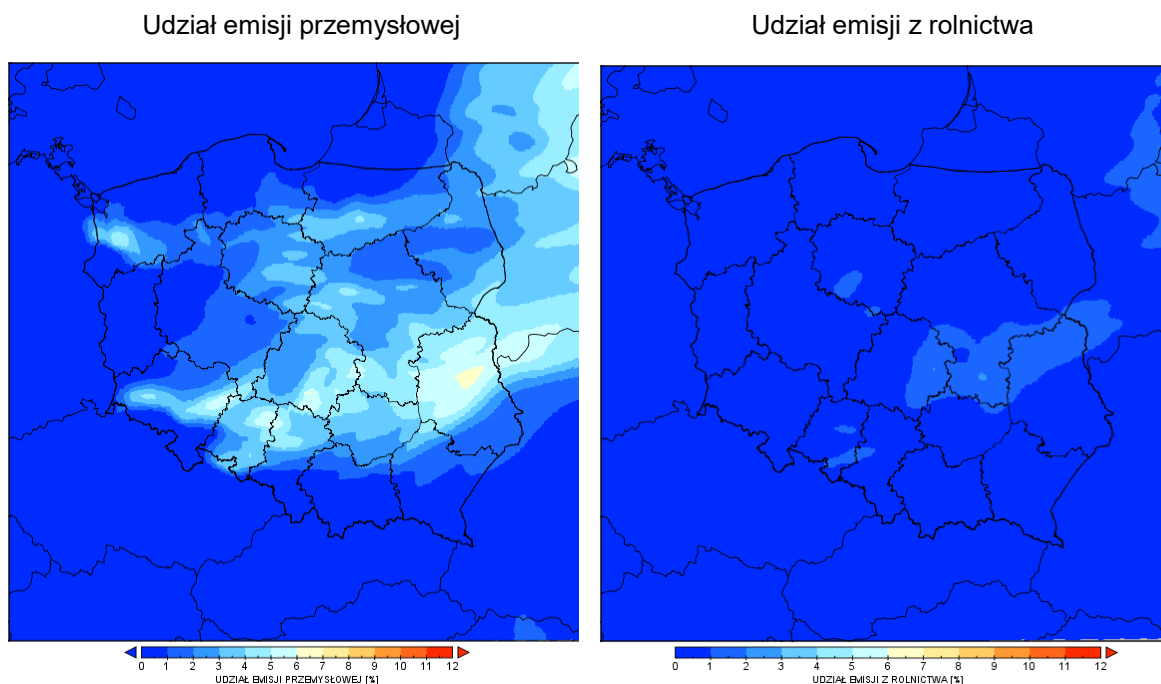
W drugim dniu epizodu, kiedy wysokość i zasięg stężeń ozonu rosły, udział źródeł krajowym zmniejszył się w stosunku do pierwszego dnia. Udział źródeł liniowych dochodził maksymalnie do 14% w rejonie województwa wielkopolskiego i łódzkiego. Udział źródeł przemysłowych zmalał do 6% w skali kraju.

Udział emisji liniowej



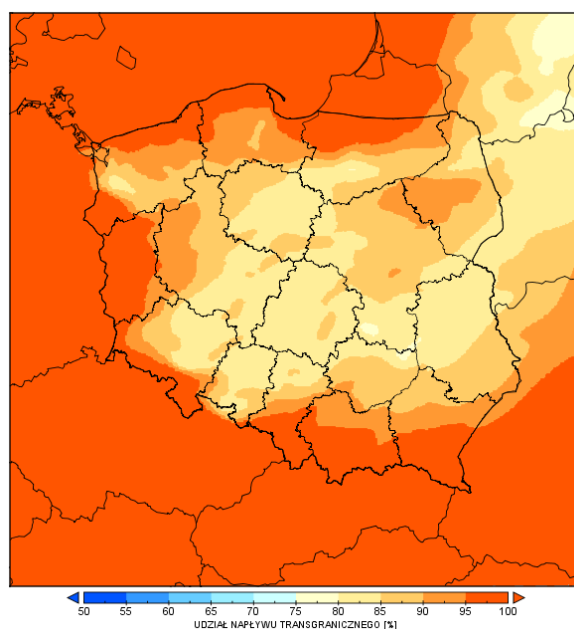
Udział emisji naturalnej





Rysunek 195. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 31.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

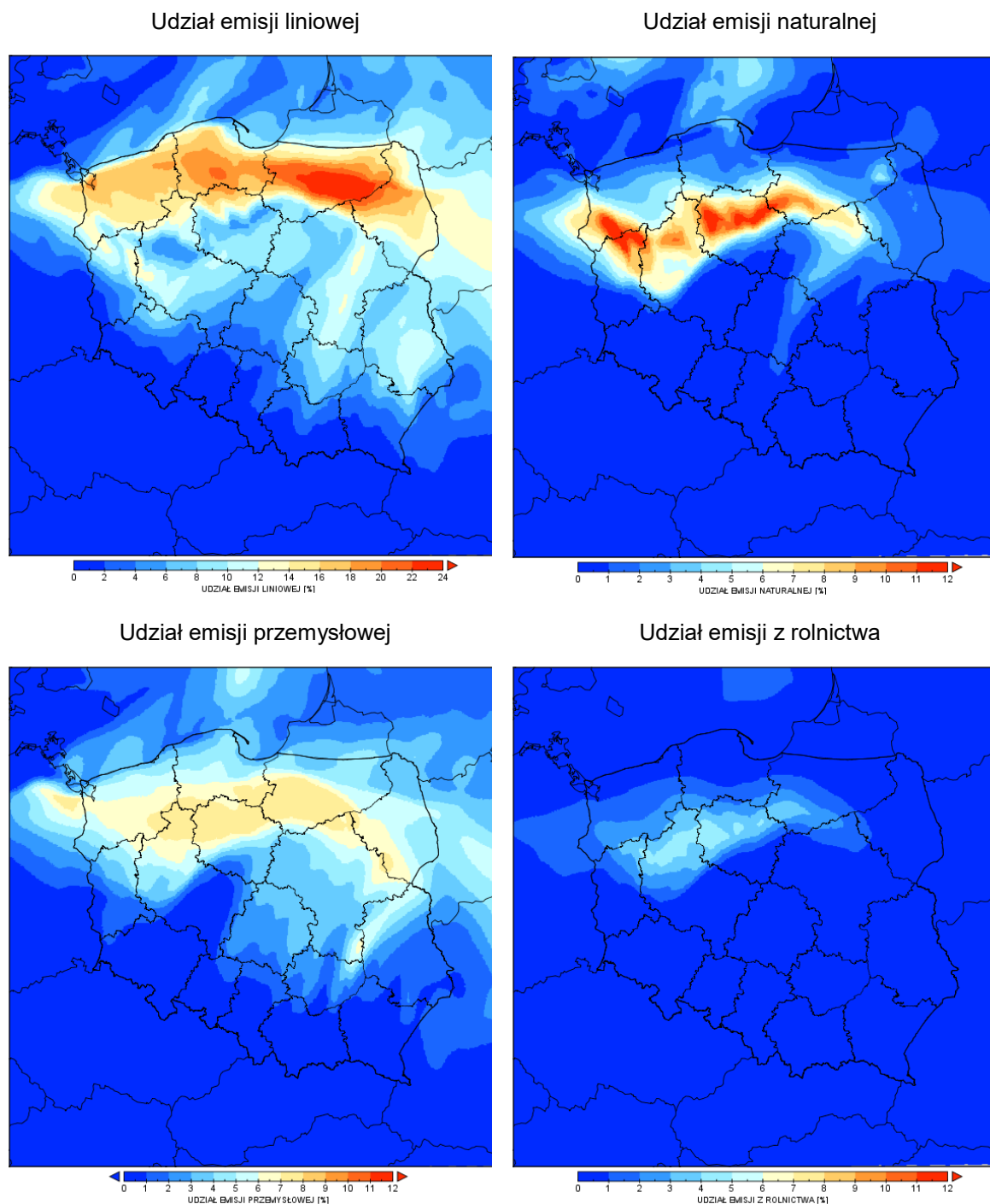
Udział źródeł transgranicznych w drugim dniu epizody wzrósł do 90% na większości obszaru kraju. W obszarach przygranicznych udział ten wynosił 95 do 100%, więc za występowanie wysokich stężeń ozonu odpowiadały głównie źródła spoza kraju.



Rysunek 196. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 31.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

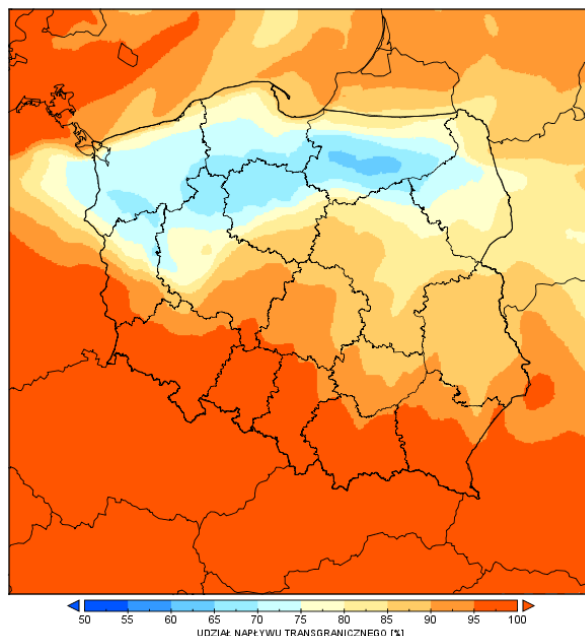
W dniu 1 sierpnia, kiedy epizod był epizodem regionalnym udział źródeł krajowych ograniczony był do obszarów północnej części kraju, gdzie udział źródeł

liniowych sięgał 22% w województwie warmińsko-mazurskim i pomorskim. Udział źródeł naturalnych sięgał 12% w województwach zachodniopomorskim i kujawsko-pomorskim. Źródła przemysłowe wpływały na wysokość stężeń ozonu tylko 7% na terenach województw północnych.



Rysunek 197. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 01.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

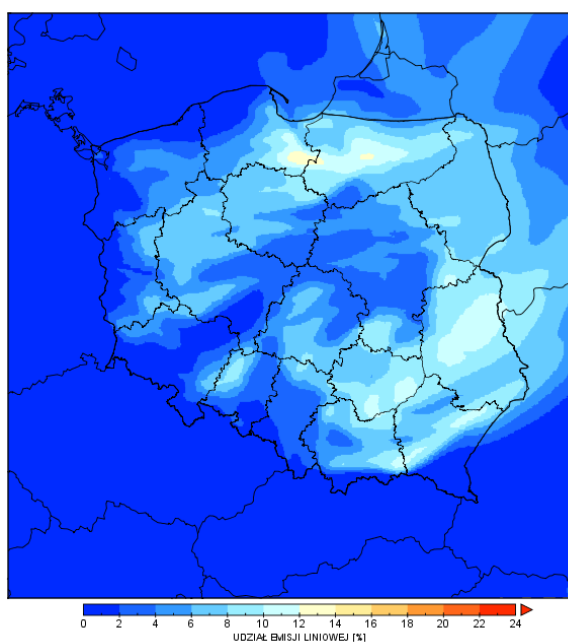
Źródła transgraniczne są decydujące w zakresie występowania najwyższych stężeń ozonu w wynikach modelowania. Cały obszar południowej części kraju to udział źródeł transgranicznych na poziomie 95%. Jedynie w obszarach, gdzie wpływ miały źródła krajowe udział źródeł spoza kraju spadł do poziomu 70%.



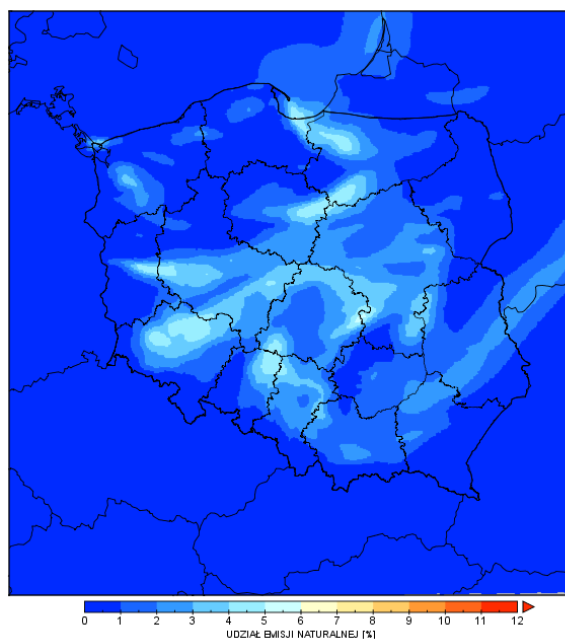
Rysunek 198. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 01.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

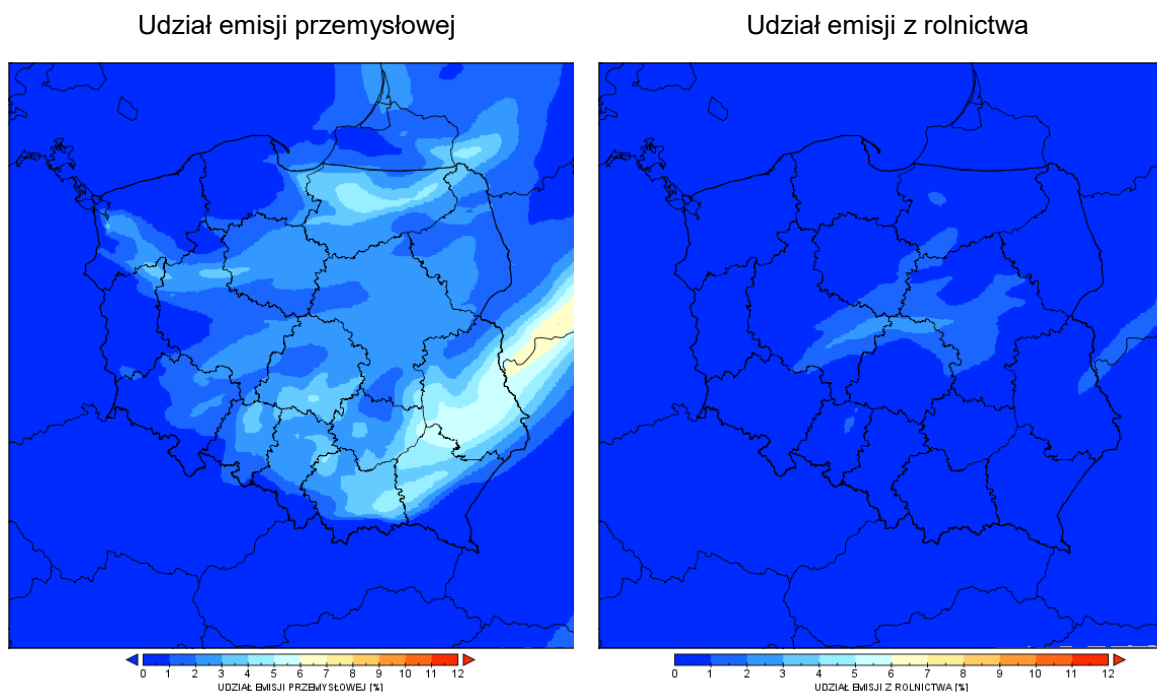
Z czasem trwania epizodu, kiedy przekształcił się w epizod lokalny udział źródeł krajowych znów spada, rozkładając się równomiernie na terenie całego kraju. Źródła liniowe wpływały maksymalnie w 12% na stężenia ozonu na terenie kraju.

Udział emisji liniowej



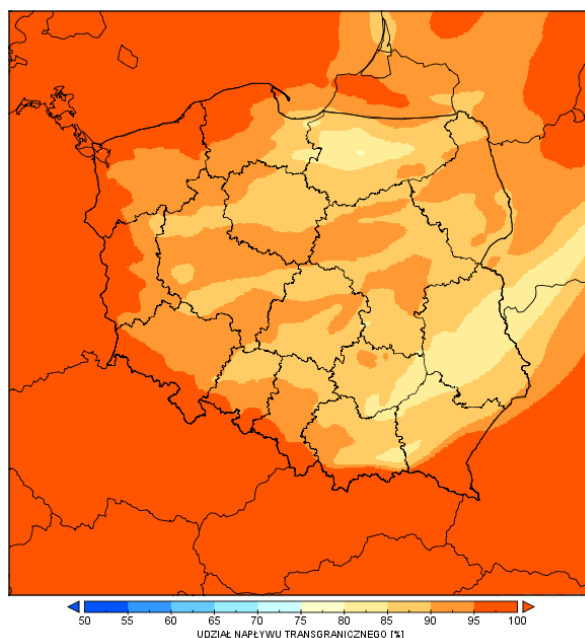
Udział emisji naturalnej





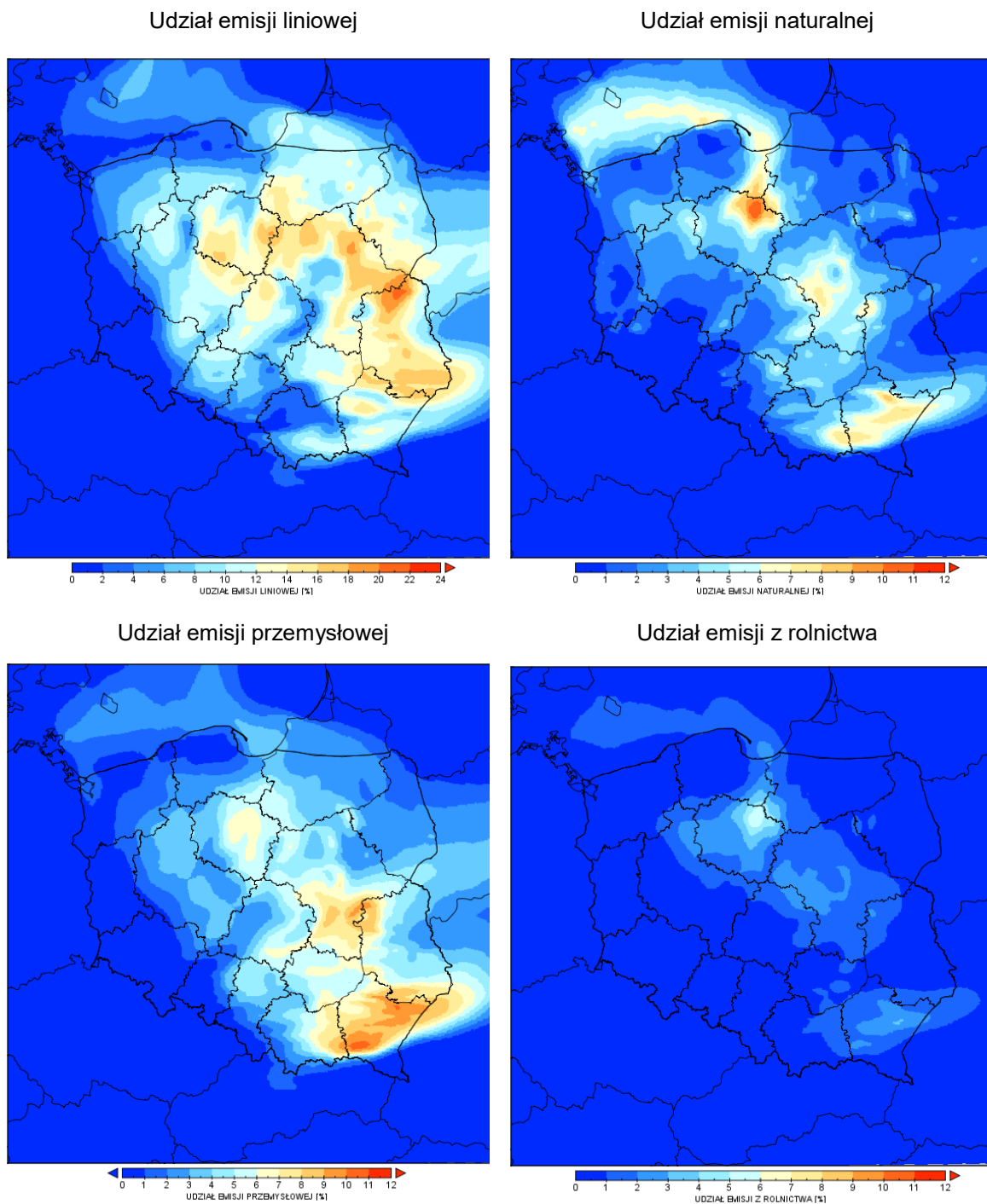
Rysunek 199. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 02.08.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła naturalne, przemysłowe i rolnictwo nie miały znaczących udziałów na terenie całego kraju, sięgając maksymalnie do 7% dla źródeł przemysłowych w województwie lubelskim. Źródła transgraniczne w dalszym ciągu w największym stopniu oddziaływały na wysokość stężeń ozonu w dniu epizodu.



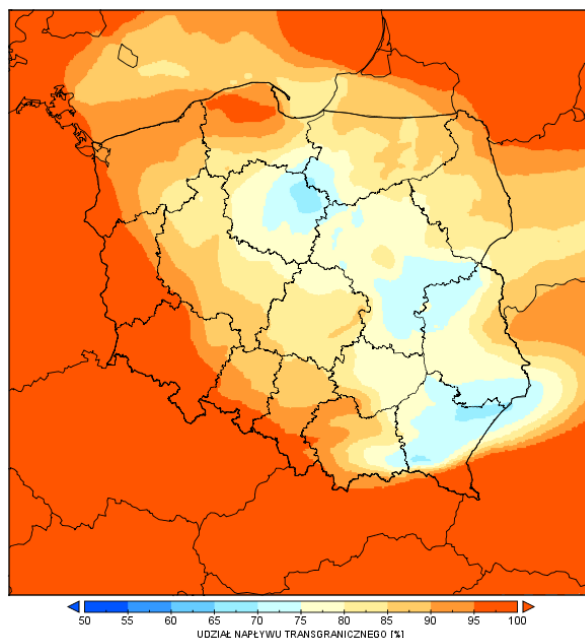
Rysunek 200. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 02.08.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

W ostatnim dniu epizodu udział źródeł krajowych znów wzrósł do 20% dla źródeł liniowych w województwach wschodnich: lubelskim, mazowieckim. Ponadto wzrósł udział źródeł przemysłowych w województwie podkarpacki sięgając 12% udziału. Źródła naturalne miały swój udział w stężeniach maksymalnie 12% w województwie kujawsko-pomorskim. Na pozostałym obszarze kraju udział wynosi od 4 do 6%.



Rysunek 201. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 03.08.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła transgraniczne najmocniej wpływały na stężenia ozonu jedynie w województwach dolnośląskim i lubuskim oraz zachodniopomorskim. Na pozostałym obszarze kraju ich udział sięgał 75-80%. Niezależnie od dnia epizodu we wszystkich dniach ich udział był dominujący. Źródła krajowe nie wpływały znacząco na wysokość stężeń ozonu i występowanie przekroczeń wartości $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 202. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 03.08.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

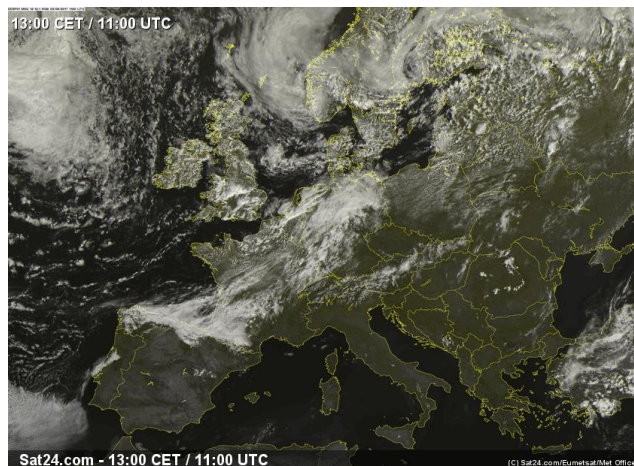
7.16. Epizod 5 sierpnia 2017

Epizod 5 sierpnia zanotowano między godziną 11:00 a 19:00 w obrębie 3 stacji, w województwach śląskim, świętokrzyskim i małopolskim, miał on więc charakter lokalny. Maksymalne stężenie zarejestrowano o godzinie 13:00 na stacji w Katowicach i wynosiło ono $146,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na pozostałych stacjach (w Kaszowie i w Nowinach) maksima były niższe i wystąpiły o 16-17.00. Wysokie stężenia ozonu notowano w czasie maksymalnego zasięgu tego epizodu także nad Opolszczyzną, Lubelszczyzną i Podkarpaciem (maksymalnie na 23 stacjach o godzinie 16:00).

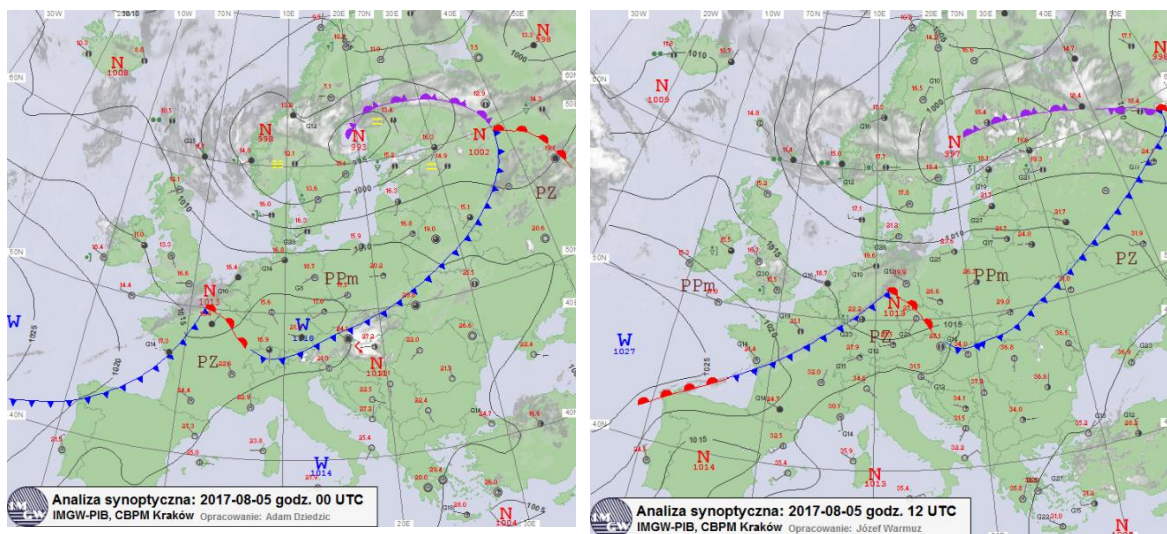
7.16.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

Zgodnie z opisem warunków poprzedniego epizodu, 5 sierpnia nad Polską zalegały już masy powietrza polarno-morskiego, a front chłodny związany z zatoką niżową wędrującą nad północno – zachodnią Rosją przesunął się poza nasze południowe i wschodnie granice. Na zapleczu niżu zaczął się rozbudowywać słaby ośrodek wyżowy. W ciągu całego dnia dominował zachodni kierunek przepływu mas powietrza znad Atlantyku, w których podczas wędrówki nad wygrzаныmi nizinami zachodniej Europy rozbudowywały się ławice chmur średnich. Opady z tych chmur

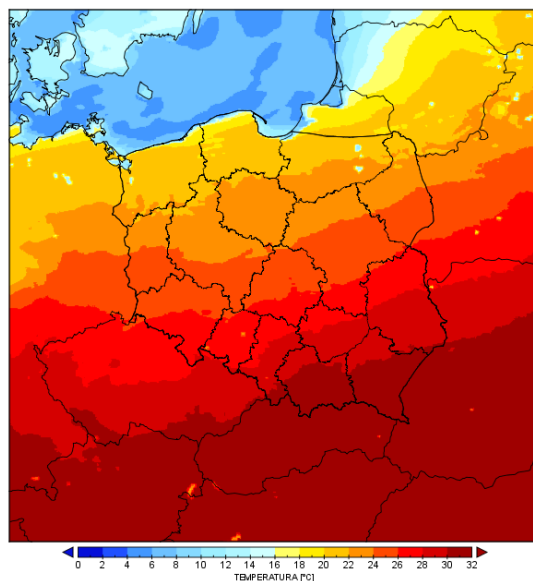
występowały bliżej granicy ocean-kontynent, nad Polską już zanikały lub rozpraszaly się. W Polsce niewielka strefa opadów występowała od godzin południowych na Pomorzu Zachodnim i Ziemi Lubuskiej, wieczorem i w nocy postępująca w głąb kraju. Najbardziej słonecznie i najcieplej było w południowo-zachodniej i południowej części Polski. Tam też lokalnie zarejestrowano przekroczenia ośmiogodzinnej średniej kroczącej wartości stężenia ozonu. Wieczorem od południowego zachodu znad Niemiec i Czech zaczęła wkraczać do nas kolejna zatoka niżowa powstała z zafalowania na froncie chłodnym.



Rysunek 203. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 5 sierpnia 2017 r. (źródło: Sat24.com)

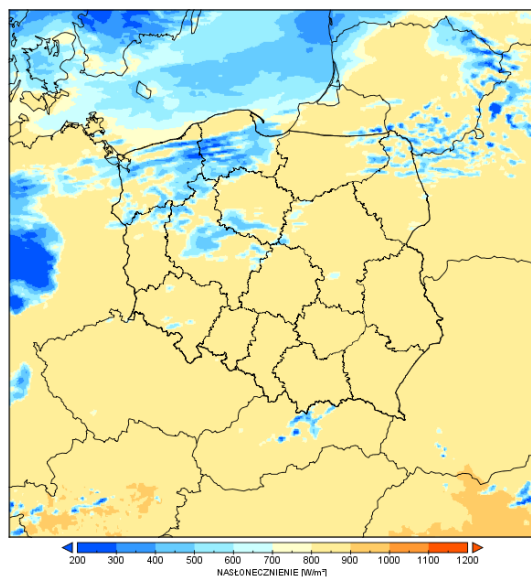


Rysunek 204. Analiza synoptyczna w dniu 5.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).



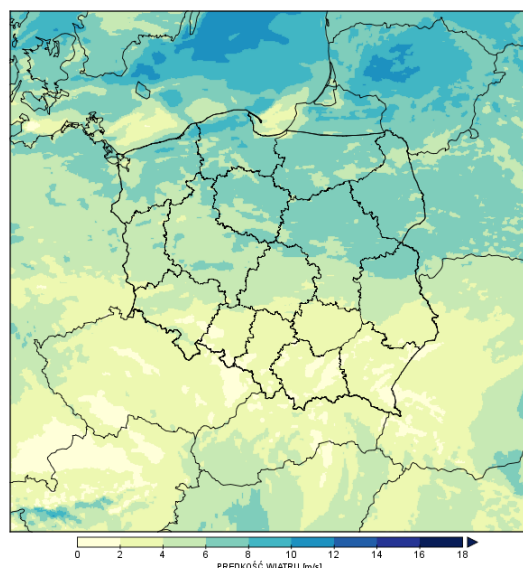
Rysunek 205. Temperatura powietrza w dn. 05.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Temperatura w całym kraju w dniu epizodu była dość wysoka do 32°C w części południowo-wschodniej kraju. Najniższa temperatura około 20°C odnotowana była na Pomorzu.



Rysunek 206. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 05.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego było duże na większości terytorium kraju. Zachmurzenie obecne było na północnym zachodzie nad województwami zachodniopomorskim, pomorskim i wielkopolskim.

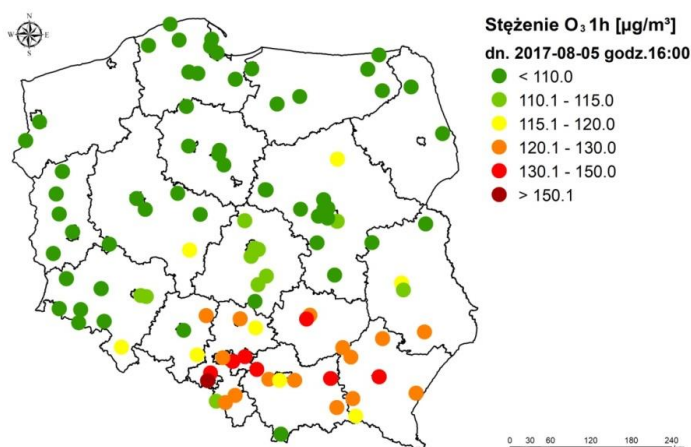


Rysunek 207. Prędkość wiatru w dn. 05.08.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Prędkość przepływu mas powietrza na południu kraju była stabilna i nie przekraczała 4 m/s. W województwach północnych prędkość wiatru sięgała do 8 m/s.

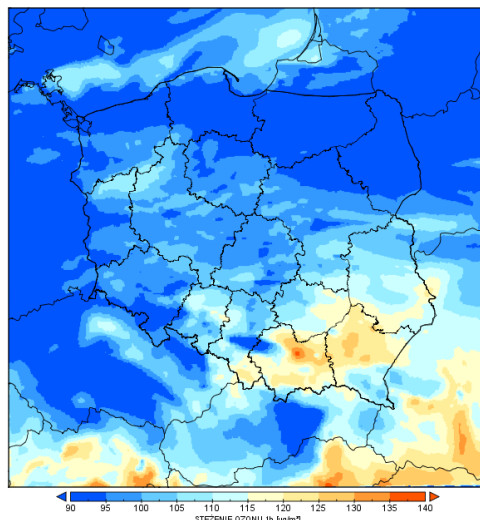
7.16.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Charakter wystąpienia epizodu wysokich stężeń ozonu w dniu 5 sierpnia wskazuje na lokalny charakter, jednakże zasięg wystąpienia wysokich stężeń jest znacznie większy. Na podstawie wyników pomiarów określono największy zasięg wystąpienia wysokich stężeń, który wypada o godzinie 16:00, gdzie na 23 stacjach zanotowano wysokie stężenia. Dotyczy to województw takich jak województwo małopolskie, śląskie, świętokrzyskie i podkarpackie. Na pozostałym obszarze występują stężenia poniżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 208. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 5 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Wyniki modelowania dla danego dnia dość dobrze odwzorowują wyniki pomiarów, gdyż na terenie województw małopolskiego i podkarpackiego również występują stężenia powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

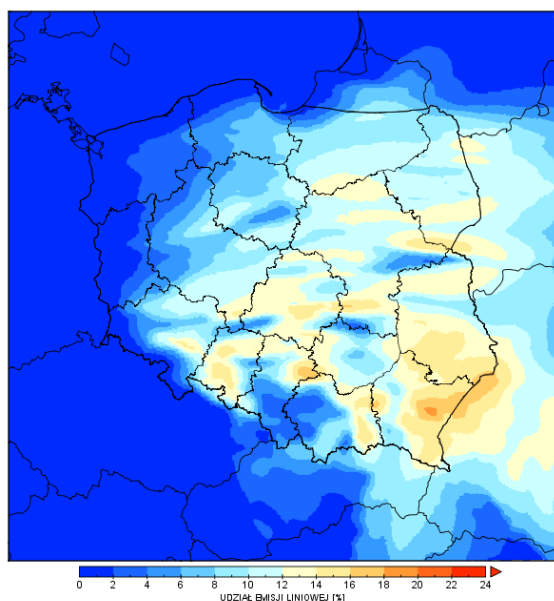


Rysunek 209. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 05.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

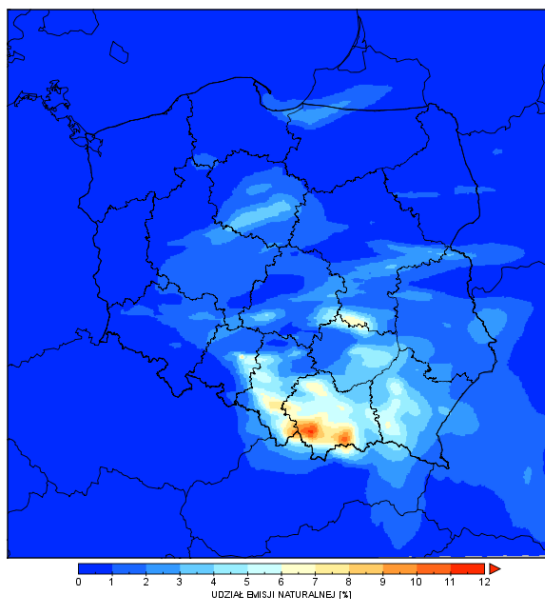
7.16.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

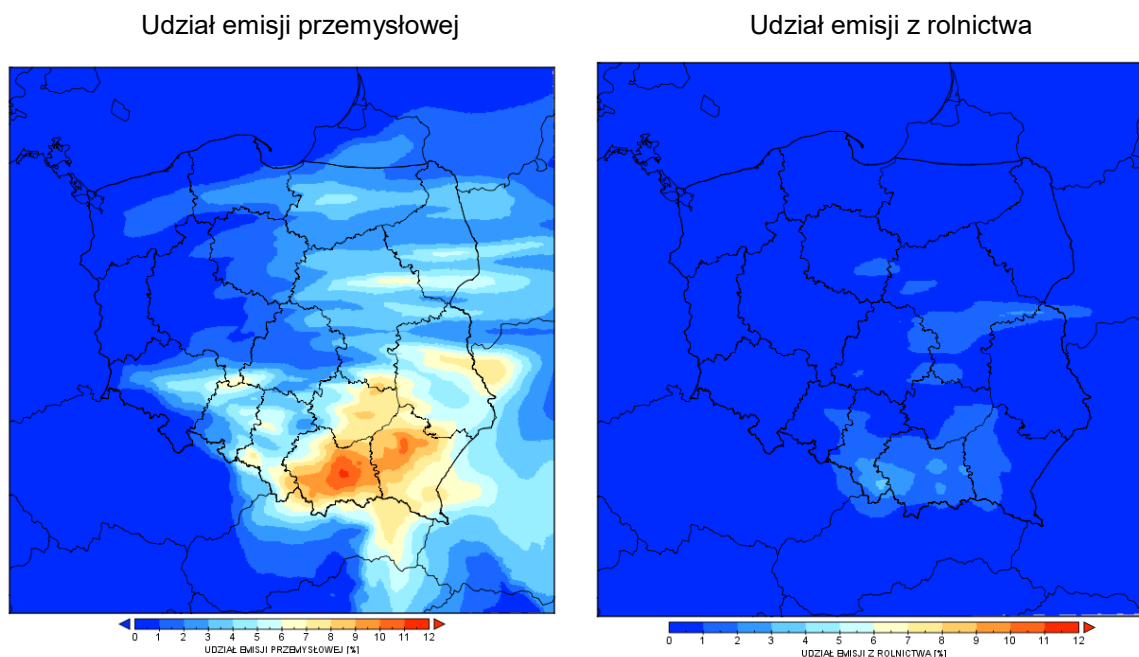
Przyczyną wystąpienia epizodu wysokich stężeń jest udział źródeł liniowych i przemysłowych, które łącznie stanowią około 30% w procesie tworzenia się ozonu w dniu epizodu. Źródła naturalne mają udział na poziomie 9-10 % w województwach podkarpackim i małopolskim. udział źródeł liniowych jest dużo bardziej rozległy i wynosi do 16% również w centralnej części kraju.

Udział emisji liniowej



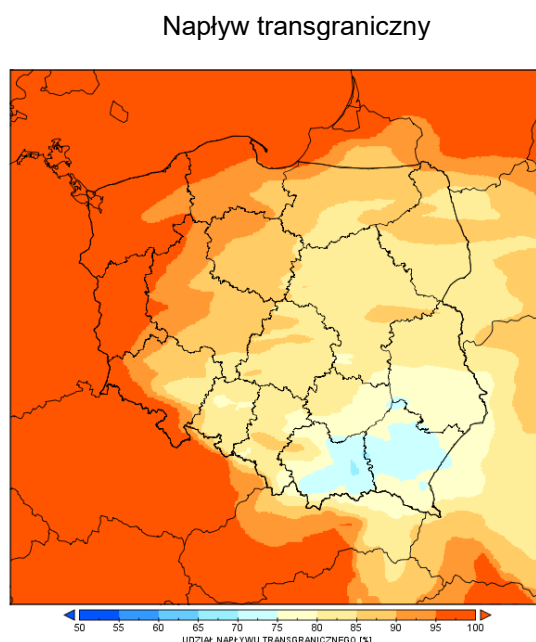
Udział emisji naturalnej





Rysunek 210. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 05.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła transgraniczne mają największy udział w województwach lubuskim, zachodniopomorskim czy dolnośląskim. Wyjątkowo w rejonie wystąpienia najwyższych stężeń udział źródeł transgranicznych wynosi około 75%.



Rysunek 211. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 05.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

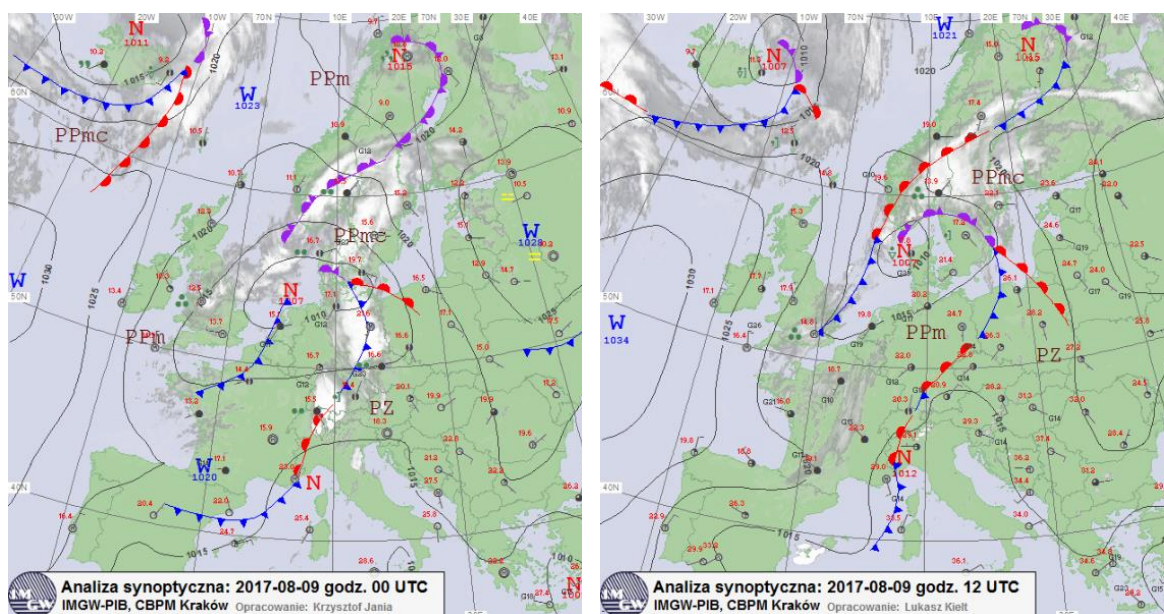
7.17. Epizod 9-10 sierpnia 2017

Epizod, który rozpoczął się 9 sierpnia, miał charakter lokalny i był rejestrowany wyłącznie przez stacje w województwie Śląskim. W pierwszym dniu objął 5 stacji, w drugim zaś 2. Podwyższone stężenia ozonu w czasie maksymalnego zasięgu odnotowano jednak na znacznie większym obszarze kraju: maksymalnie na 36 stacjach: o godzinie 16:00 9-tego sierpnia wykazywały je stacje w zachodniej, środkowej i południowej Polsce. Długość trwania epizodu na stacjach z przekroczeniem w pierwszym dniu wyniosła 8-9 godzin, z najwyższym stężeniem na poziomie 156,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 17:00 w Katowicach. W dniu 10.08 wysokie stężenia utrzymywały się do 8 godzin w Częstochowie i w Złotym Potoku, przy czym maksymalne stężenie zanotowano na stacji w Złotym Potoku (154,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) o godzinie 16:00.

7.17.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W początkach dnia Polska znalazła się pomiędzy ośrodkiem wyżowym z centrum przemieszczającym się nad zachodnią Rosją, a wędrującą na wschód zatoką niżową z zafalowanym frontem chłodnym, rozciągającym się południkowo od wielkich jezior szwedzkich po San Marino, z ośrodkiem nad obszarem Danii. Nad Bawarią widoczne było kolejne zafalowanie tego frontu, poniżej którego występowały burze z intensywnymi opadami deszczu, a nad wschodnimi Niemcami oraz w wąskim pasie zachodnim naszych ziem również występowały opady deszczu.

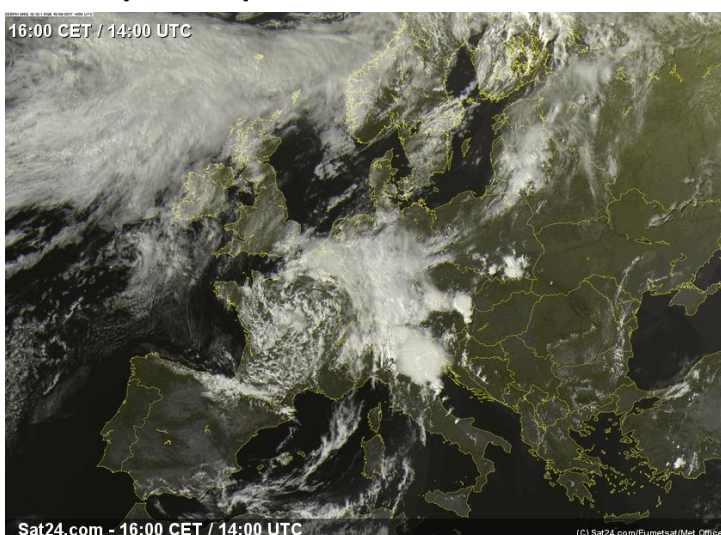
Wzrost ciśnienia i rozbudowa klina od strony wyżu znad Rosji, który łącząc się klinem od wyżu azorskiego utworzył nad północną Polską i południowym Bałtykiem wał wyżowy sprzyjały dezintegracji zachmurzenia frontowego oraz słabnięciu i zanikaniu opadów wychodzących stopniowo nad Bałtyk.



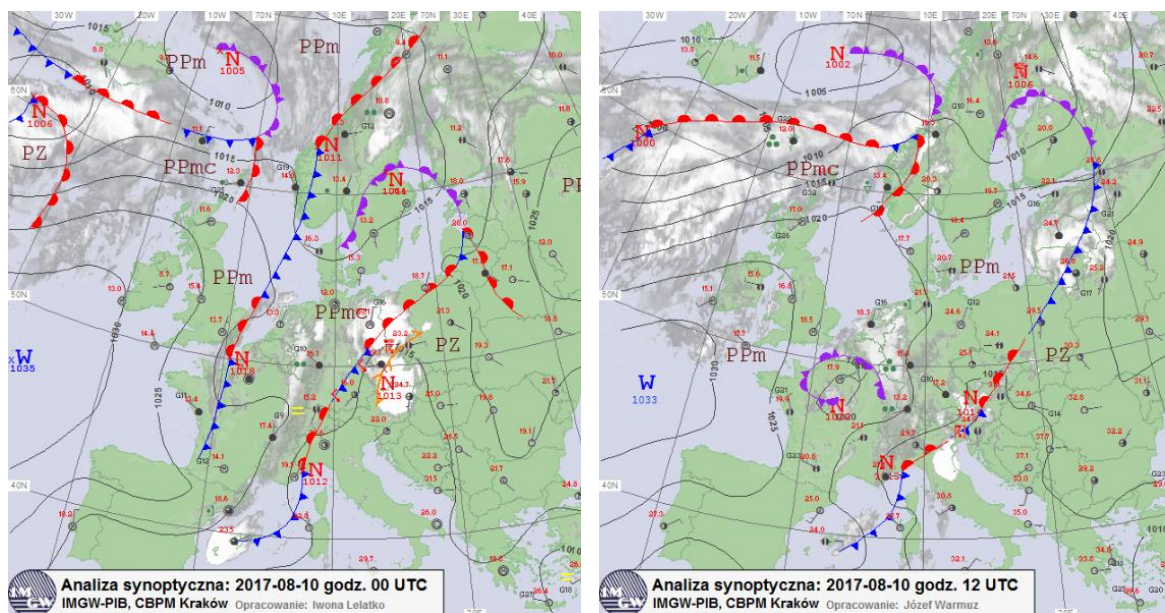
Rysunek 212. Analiza synoptyczna w dniu 9.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

Temperatury były stosunkowo wysokie, w południe w Warszawie zanotowano 28,2 °C, po południu zaś wzrastały jeszcze do 30-tu stopni i nieco powyżej, w związku z napływem coraz cieplejszego powietrza zwrotnikowego bezpośrednio z Moraw i Słowacji.

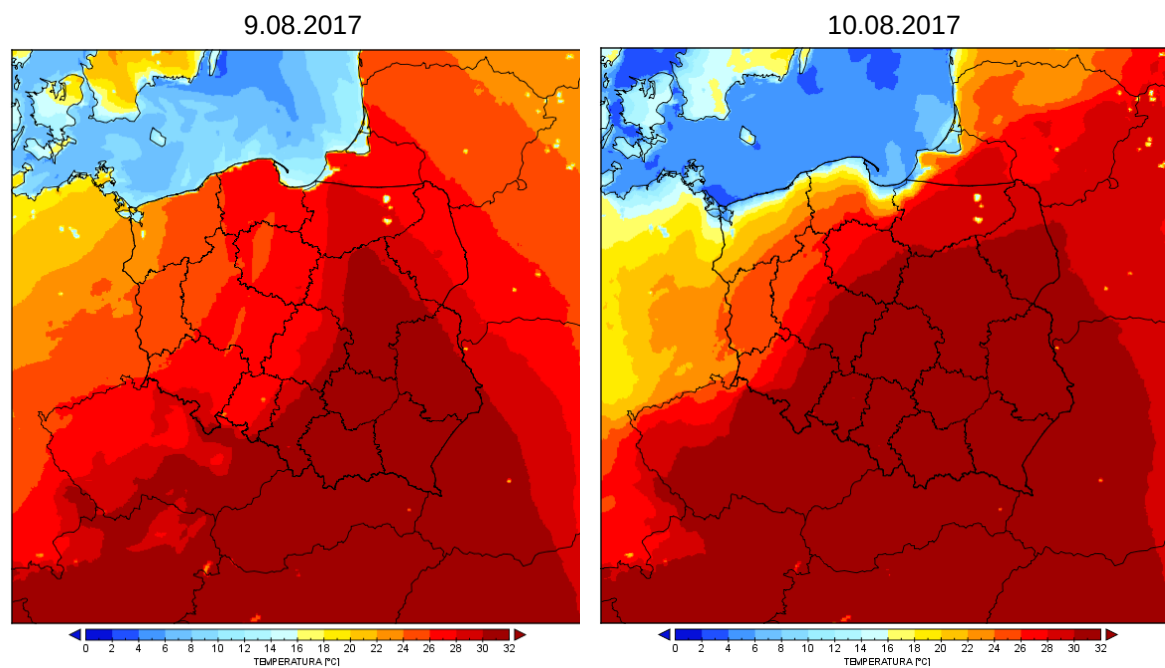
Równocześnie na pograniczu Bawarii i Austrii rozwijał się ośrodek niżowy na fali frontowej, który kierując się na NNE, w nocy z 9 na 10 sierpnia wszedł nad Czechy i Śląsk, przynosząc gwałtowne burze z ulewnymi opadami deszczu, rozprzestrzeniające się nad pas dzielnic środkowych, od Ziemi Lubuskiej po Mazowsze Podlasie i przesuujące w ciągu dnia na północny wschód, z tendencją do słabnięcia i zanikania. W ciągu dnia, po obu stronach frontu, zwiększał się kontrast termiczny nad naszym krajem, spowodowany dalszym napływem coraz cieplejszego powietrza z Moraw i Słowacji oraz napływem chłodnego powietrza zaciąganego z zachodniego Bałtyku nad Polskę północną. W ciepłym powietrzu rozwijały się chmury kłębiaste, widoczne na załączonym zdjęciu z godziny 16.00 nad wschodnią Małopolską i Kielecczyną, a w kolejnych godzinach wędrujące na wschód. W nocy gwałtowne burze przeszły nad Dolnym Śląskiem i Ziemią Lubuską.



Rysunek 213. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 9 sierpnia 2017 r. (źródło: Sat24.com)

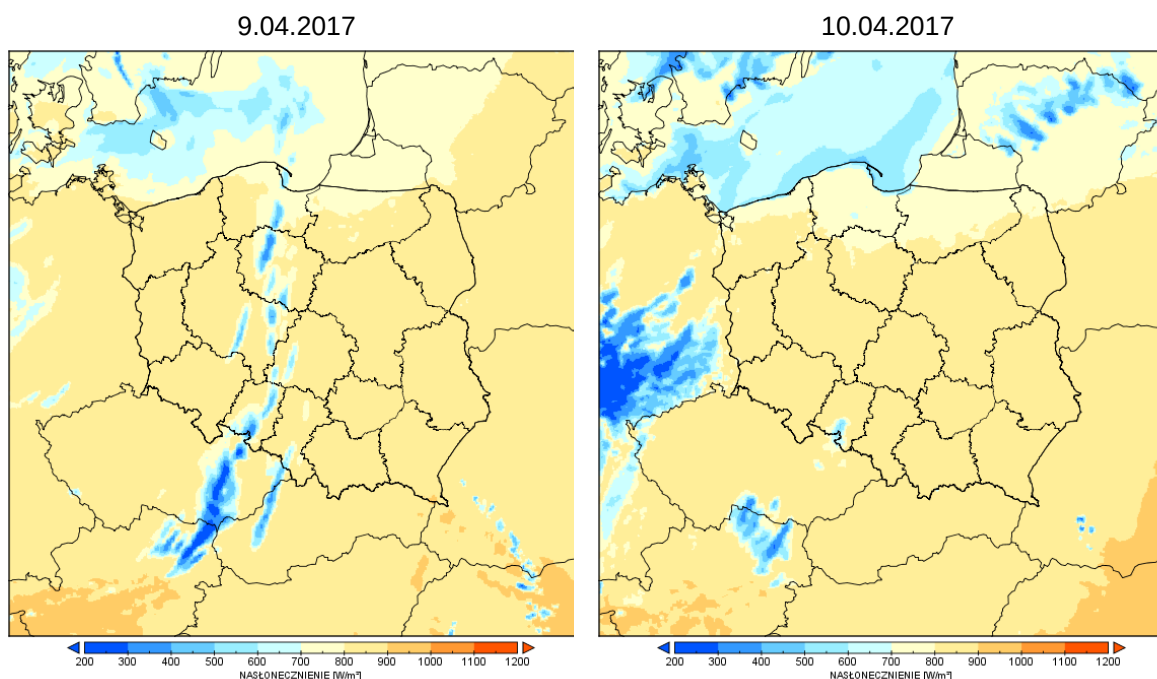


Rysunek 214. Analiza synoptyczna w dniu 10.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).



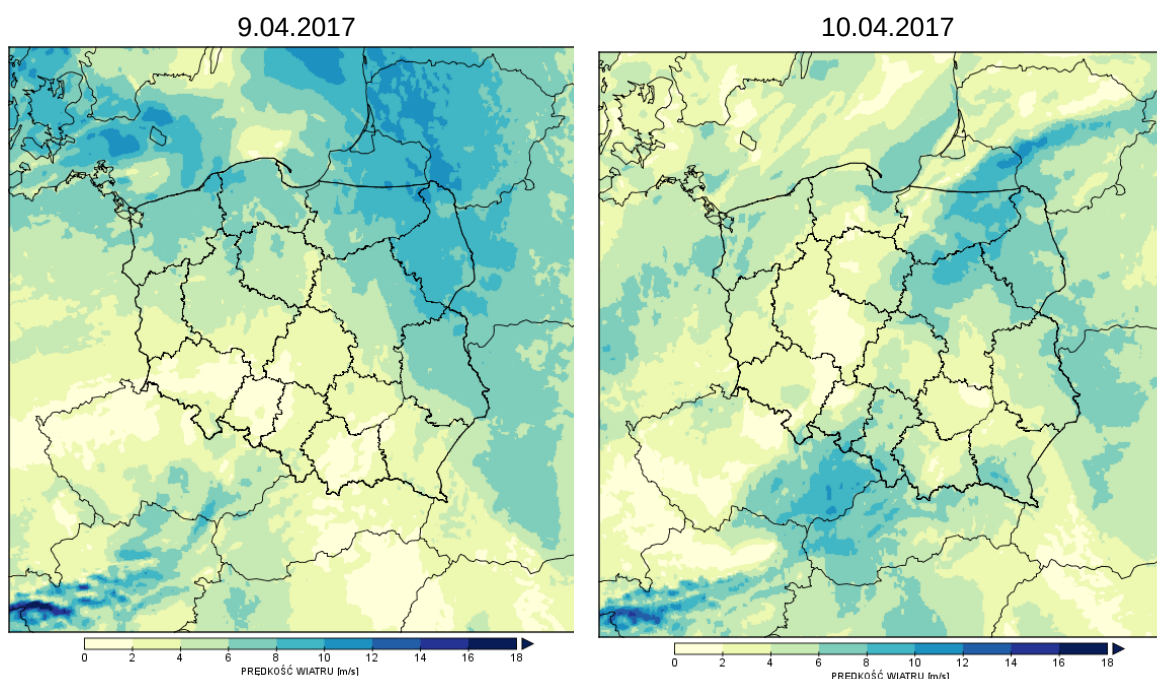
Rysunek 215. Temperatura powietrza w dn. 09.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne

Temperatura w całym kraju w czasie epizodu była wysoka. Od południowego wschodu nad Polskę napływały masy gorącego powietrza. Drugiego dnia epizodu upalne powietrze (do 32°C) objęło swym zasięgiem większość kraju. Na północy i północnym wschodzie temperatura otoczenia była nieco niższa, maksymalnie 24°C.



Rysunek 216. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 09.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Natężenie promieniowania słonecznego było duże w całym kraju. Lekkie zachmurzenie wystąpiło w paśmie województw opolskiego, wielkopolskiego, kujawsko-pomorskiego i pomorskiego.



Rysunek 217. Prędkość wiatru w dn. 09.08.2017 r. godz. 12: 00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)

W pierwszym dniu epizodu prędkość przepływu mas powietrza na południu kraju była niewielka co stanowi o wystąpieniu ciszy wiatrowej. Na północy i północnym wschodzie prędkość wiatru dochodziła do 10 m/s. Drugiego dnia nad większością

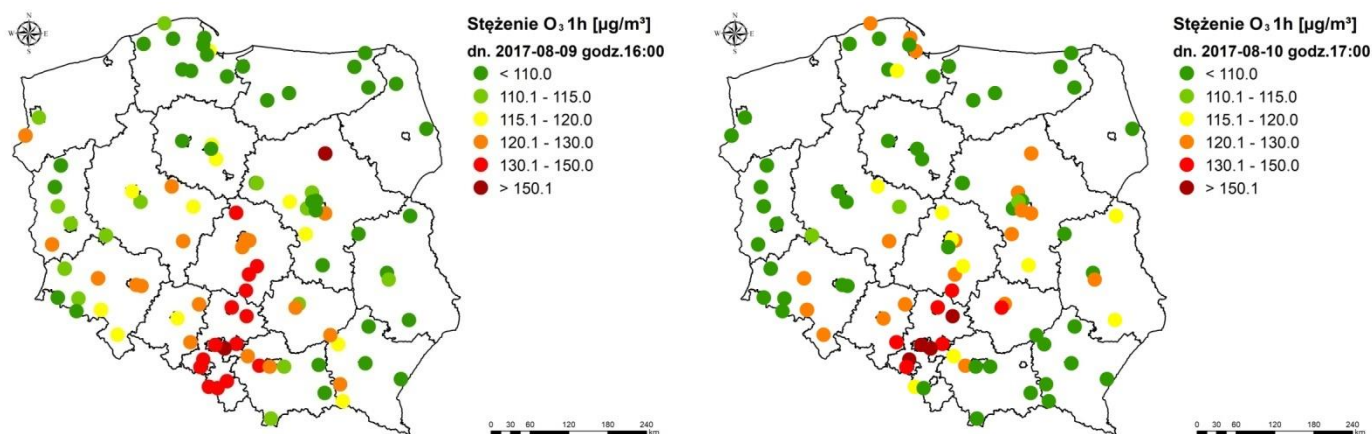
terytorium kraju sytuacja ustabilizowała się, jedynie nad północno-wschodnią częścią kraju prędkość przepływu mas powietrza nadal była większa (do 10 m/s).

7.17.2 Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

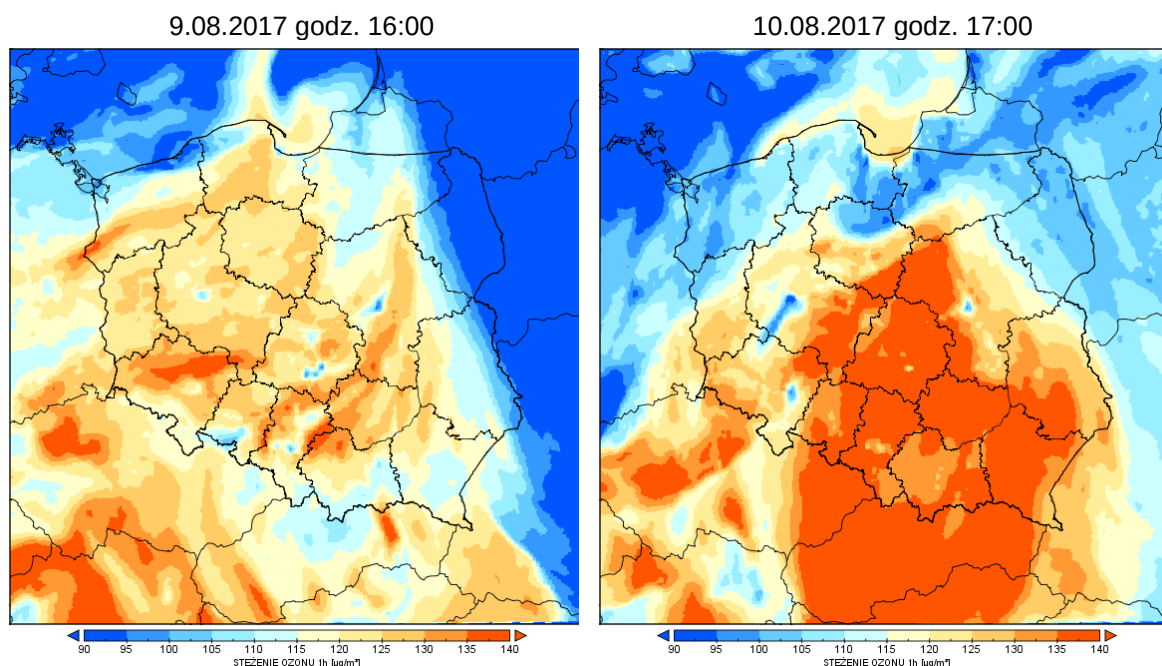
Występujące w dniu 9 sierpnia wysokie stężenia ozonu miały szeroki zasięg lokalny i o godzinie 16:00 na 36 stacjach pomiarowych wystąpiło stężenie wyższe niż $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ulokowane są one w województwach łódzkim, śląskim, świętokrzyskim, łódzkim, wielkopolskim i pojedyncze stacje w opolskim i małopolskim. Najwyższe stężenia odnotowano w województwie śląskim.

Wyniki modelowania wynikające z modelu CAMx odniesione do godziny wystąpienia najwyższego zasięgu epizodu w pomiarach (16:00) również potwierdzają rozproszony charakter występowania wysokich stężeń ozonu. Największe wartości stężeń z wyników modelowania określono w województwach dolnośląskim, świętokrzyskim, śląskim i mazowieckim. Zaniżone są stężenia w województwie dolnośląskim, a zawyżone w podkarpackim w drugim dniu epizodu.



Rysunek 218. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 9-10 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).



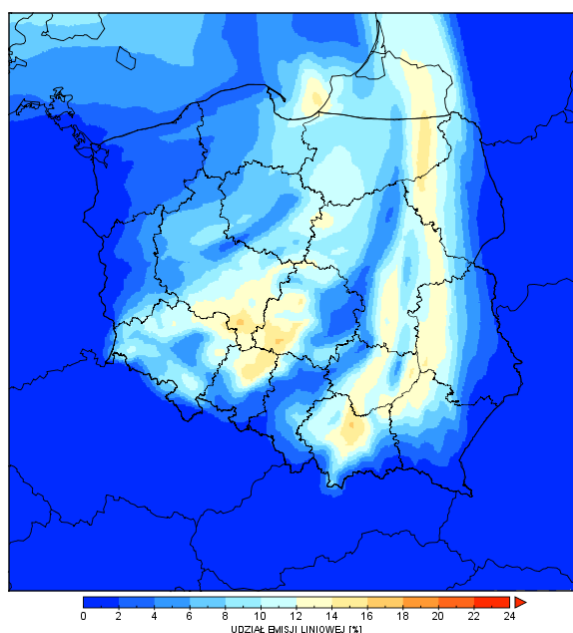
Rysunek 219. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 09-10.08.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.17.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

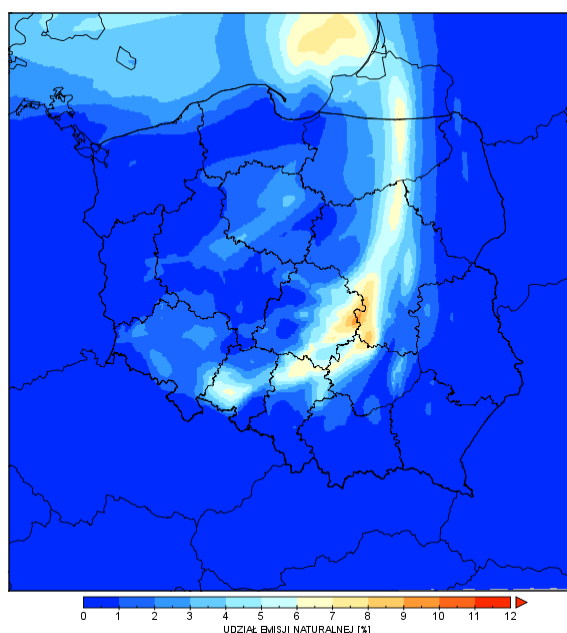
Wyjątkowo w centralnej części kraju wskazany został udział źródeł krajowych w tworzeniu się ozonu, który wyniósł nawet 14%. Udział źródeł liniowych jest bardzo mały i wynosi na obszarze wysokich stężeń około 12%.

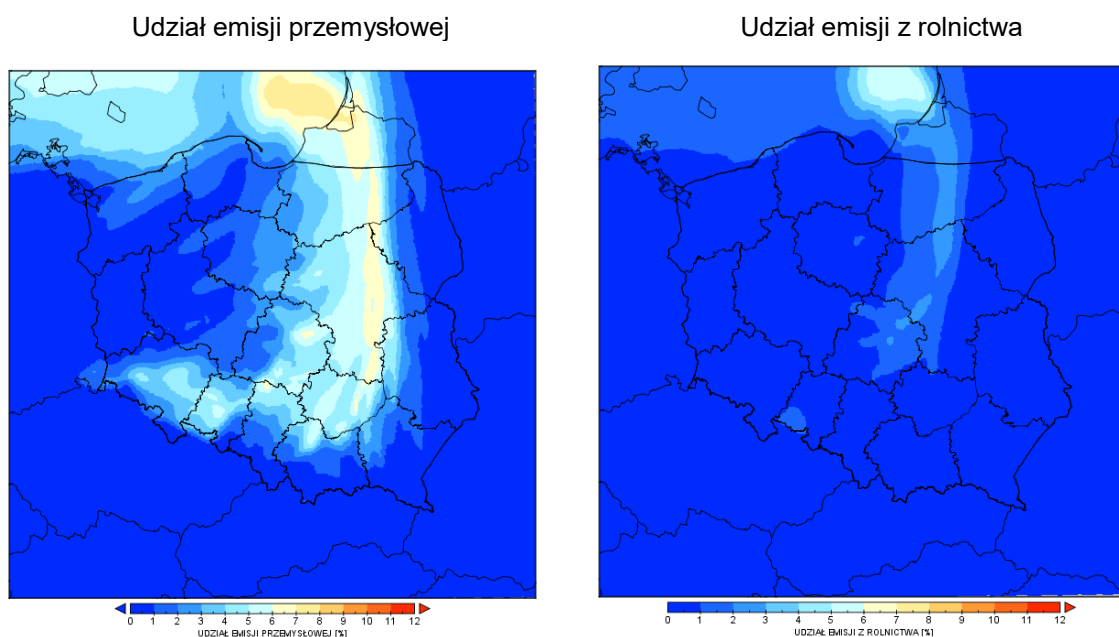
Udział źródeł krajowych jest wyraźnie większy we wschodniej części kraju, gdzie udział przemysłowych źródeł wynosi do 7%, a liniowych do 14%.

Udział emisji liniowej



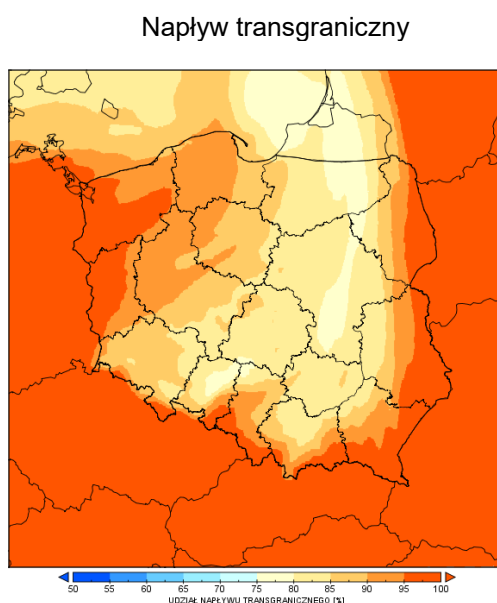
Udział emisji naturalnej





Rysunek 220. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 09.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

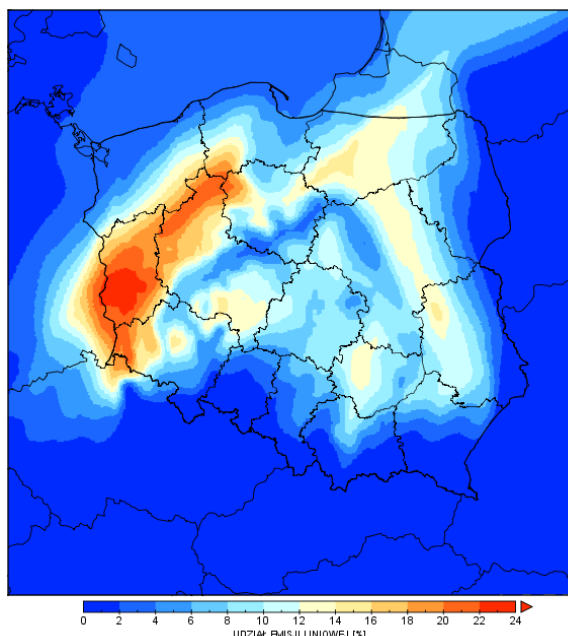
Udział źródeł transgranicznych w tworzeniu się ozonu w ramach występującego epizodu jednoznacznie wskazuje na napływ transgraniczny jako najbardziej znaczące źródło powstawania ozonu w dniu 9 lipca 2017 r. Udział tych źródeł w województwie mazowieckim wynosi 80-90% i coraz bliżej granicy południowej i zachodniej kraju wzrasta do 100%.



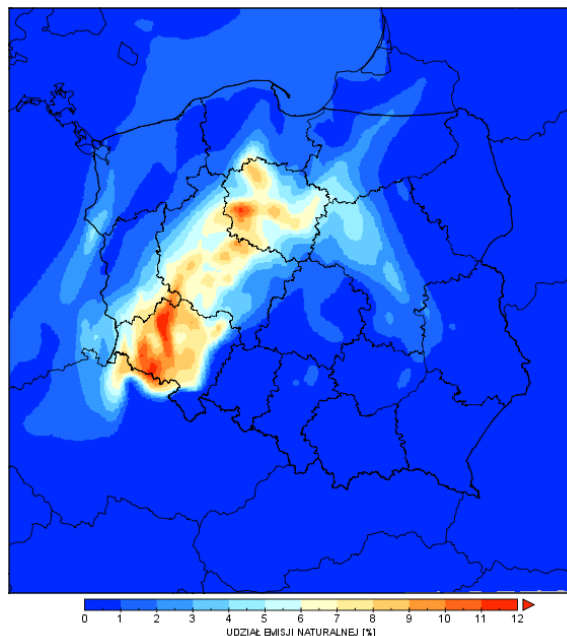
Rysunek 221. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 09.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

W drugim dniu epizodu, pomimo, iż zakres stężeń ozonu nie zmienia się, zmieniają się udziały źródeł krajowych w kształtowaniu się stężeń ozonu. Najbardziej widoczny wpływ źródeł krajowych to dochodzący do 24% udział źródeł liniowych w województwach lubuskim, wielkopolskim i części dolnośląskiego. Źródło naturalne mają swój udział w największym stopniu w województwie dolnośląskim i kujawsko-pomorskim.

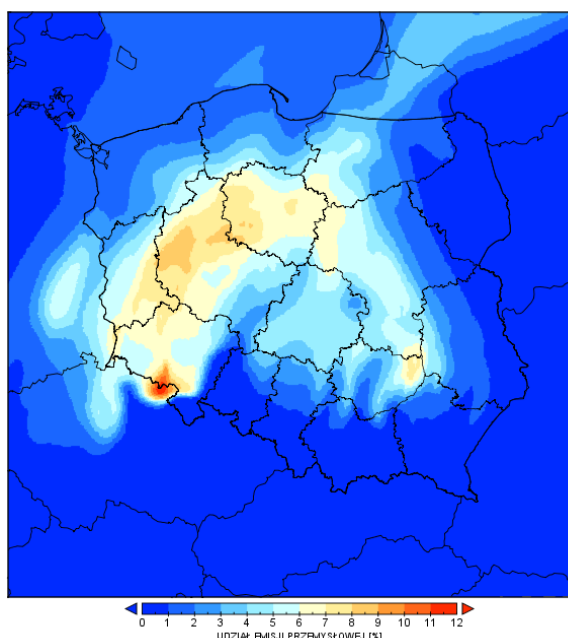
Udział emisji liniowej



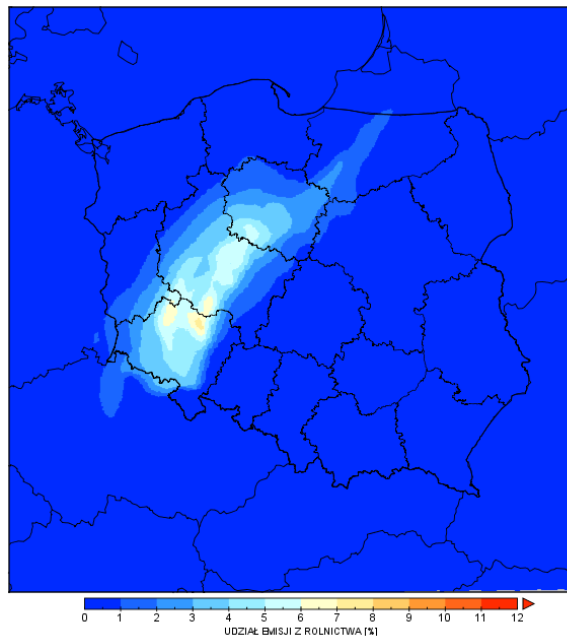
Udział emisji naturalnej



Udział emisji przemysłowej



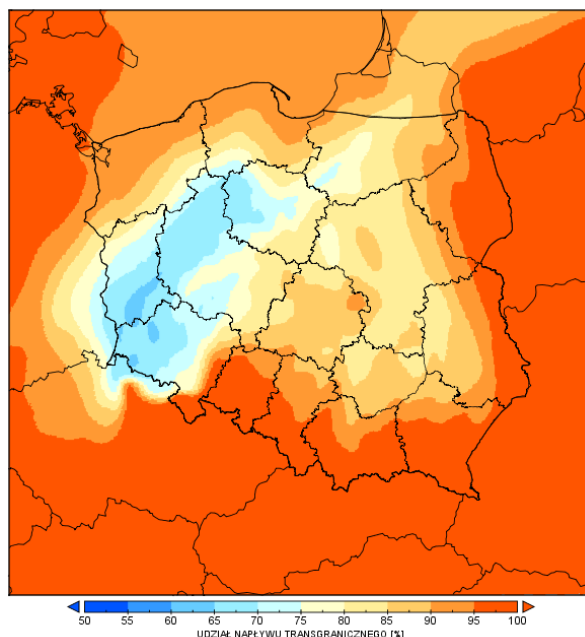
Udział emisji z rolnictwa



Rysunek 222. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 10.08.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Źródła przemysłowe oddziaływały w największym udziale na stężenia ozonu w województwach dolnośląskim, wielkopolskim i kujawsko-pomorskim. Podobnie

z udziałem źródeł transgranicznych, który jest najniższy w województwach zachodnich - około 70%.



Rysunek 223. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 10.08.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.18. Epizod 16 sierpnia 2017

Epizod 16 sierpnia ponownie miał charakter lokalny. Zanotowano go na 3 stacjach: w Nowinach i w Połańcu w woj. świętokrzyskim oraz w Złotym Potoku w woj. śląskim. Podwyższone stężenia ozonu w czasie maksymalnego zasięgu odnotowano na 32 stacjach: w godzinach 14-16:00. Oprócz woj. świętokrzyskiego i śląskiego wykazywały je stacje w woj. łódzkim, małopolskim mazowieckim i podkarpackim. Długość trwania epizodu na stacjach z przekroczeniem wyniosła 8-9 godzin, z najwyższym stężeniem na poziomie $151,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Nowinach o godzinie 17:00

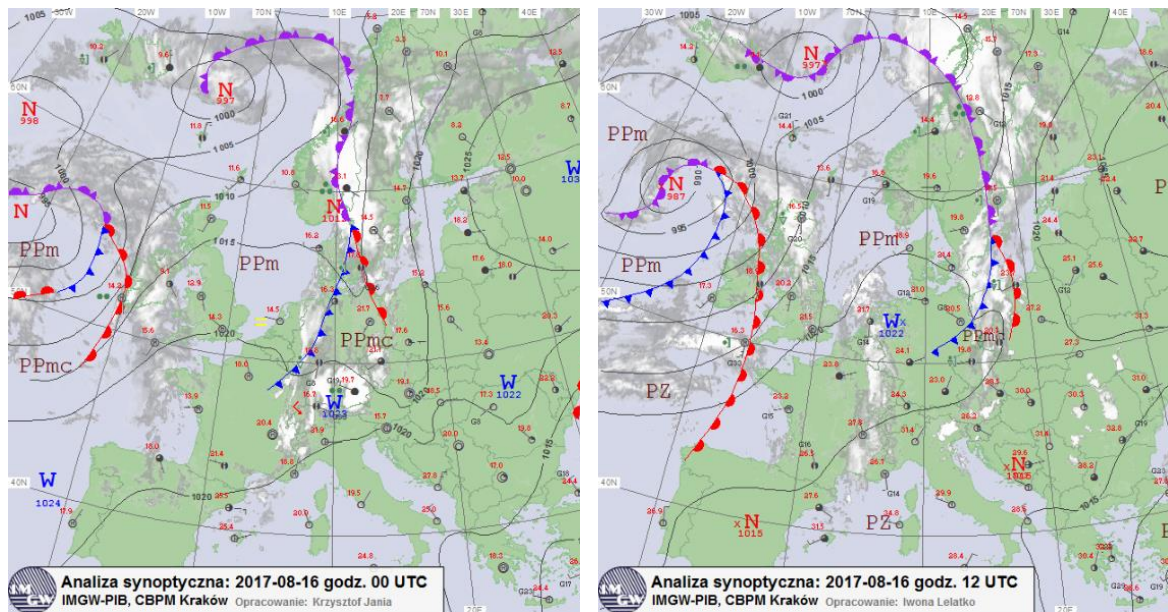
7.18.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W dniu 16 sierpnia rozbudowany wyż, o ciśnieniu w centrum 1030 hPa, obejmujący swym zasięgiem znaczne obszary Europy wschodniej i środkowej powoli odchodził na wschód, a znad Niemiec nasuwała się zatoka niżowa z frontem chłodnym, w ciągu dnia ulegającym zafalowaniu na pograniczu Pomorza i Wielkopolski. Powstały w tym miejscu w godzinach późno popołudniowych niewielki ośrodek niżowy w ciągu nocy poprzez Zatokę Gdańską przeszedł nad Bałtyk i dalej kierował się na północ.

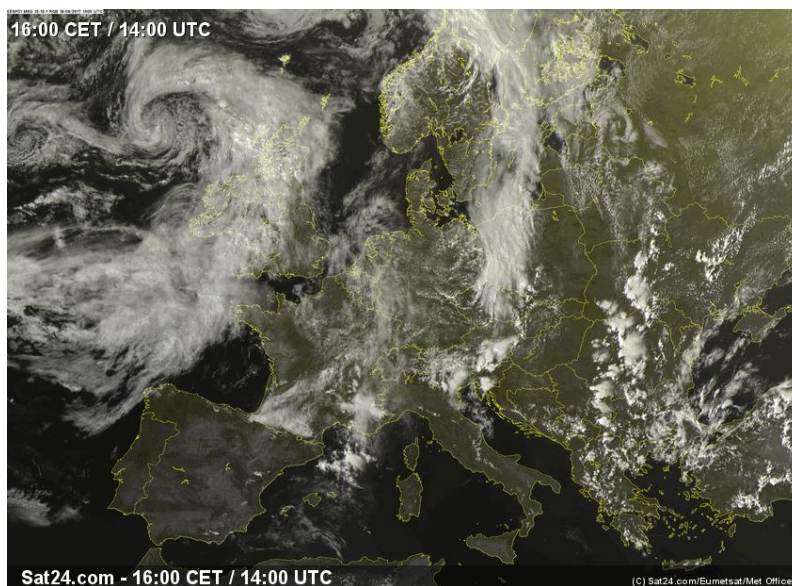
Struktury zachmurzenia frontowego z rozproszonymi opadami deszczu nasuwały się od zachodu przynosząc lokalnie rejestrowane burze na Nizinie Szczecińskiej. Liczniejsze wyładowania występowały na pograniczu Frankonii, Austrii i Czech z tendencją do przesuwania się wzdłuż frontu na północ. Wierzchołki chmur znajdowały

się w zakresie górnej skali, tj. powyżej 10 km. Po południu strefa intensywniejszych opadów i burz oraz wzrastającej prędkości wiatru dotarła do Polski zachodniej, postępując w głąb kraju. Nocą opady te słabły, a burze zanikały.

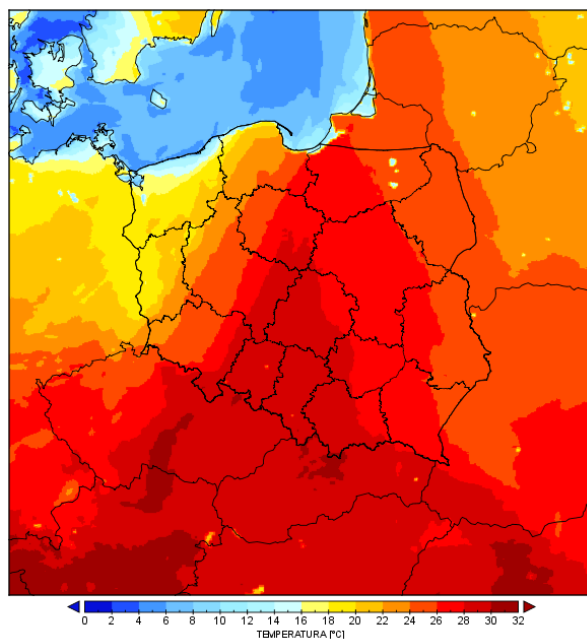
W obszarze pomiędzy ustępującym wyżem i postępującą od zachodu zatoką, w ciągu dnia ustalił się południowo wschodni i południowy przepływ powietrza, skutkujący napływem do nas bezpośrednio znad Moraw, Słowacji i Ukrainy gorącego powietrza zwrotnikowego. Z kolei w tylnej części zatoki od północnego zachodu napływało powietrze znacznie chłodniejsze, ponownie powodując powstanie znacznego kontrastu termicznego między południową a północno zachodnią częścią kraju. Kontrast ten zwiększał jeszcze fakt zachmurzenia Polski zachodniej, przy stosunkowo swobodnym dopływie energii słonecznej do południowo wschodniej części kraju.



Rysunek 224. Analiza synoptyczna w dniu 16.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

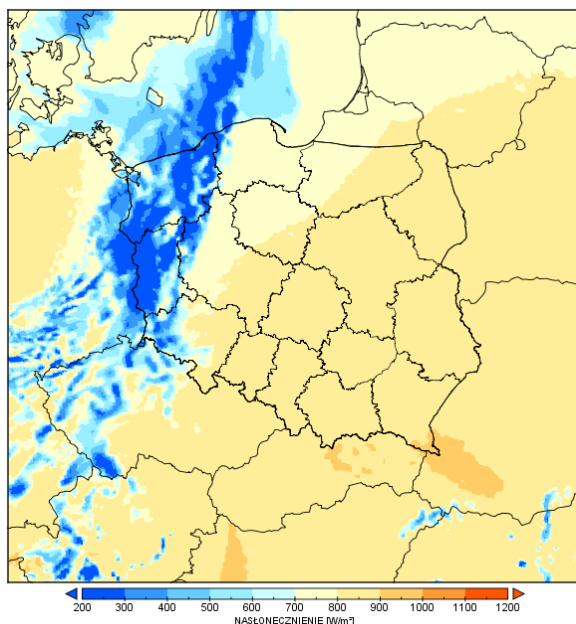


Rysunek 225. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 16 sierpnia 2017 r. (źródło: Sat24.com)



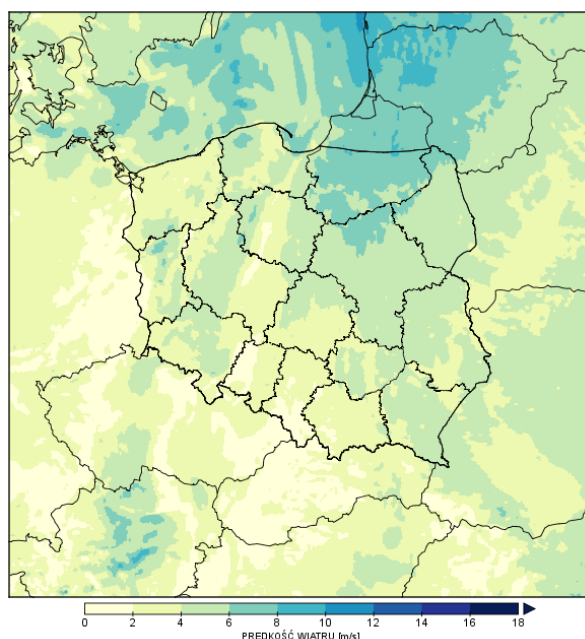
Rysunek 226. Temperatura powietrza w dn. 16.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Temperatura w całym kraju w dniu epizodu była wysoka (do 30°C) w części południowej i centralnej kraju. Najniższa temperatura około 14°C odnotowana była na północnym zachodzie kraju.



Rysunek 227. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 16.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego było duże w dniu epizodu, jedynie wzdłuż zachodniej granicy kraju obecne było duże zachmurzenie.

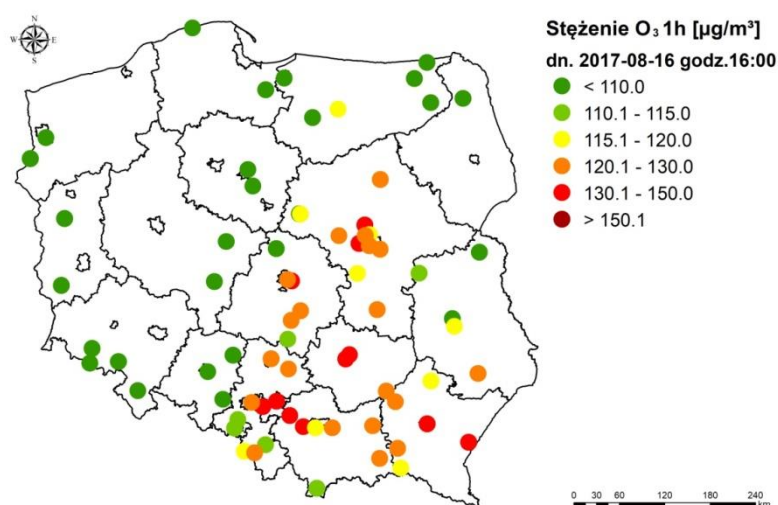


Rysunek 228. Prędkość wiatru w dn. 16.08.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Prędkość przepływu mas powietrza była w całym kraju dość stabilna i nie przekraczała 4-6 m/s, poza województwem warmińsko-mazurskim, gdzie prędkość sięgała do 8 m/s.

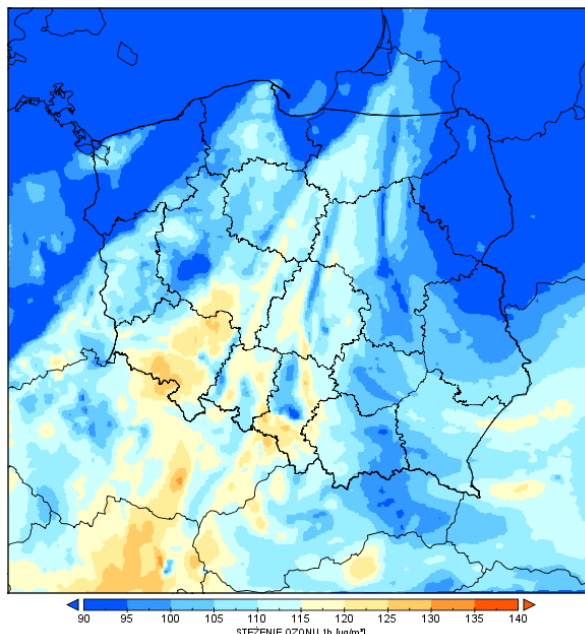
7.18.2 Poziom stężeń ozonu w trakcie trwania epizodu

Największy zasięg wystąpienia wysokich stężeń ozonu na podstawie wyników pomiaru obejmuje 32 stacji pomiarowych, głównie w województwach południowych: małopolskim, śląskim, i podkarpackim czy świętokrzyskim, a także województwem mazowieckim. Zasięg wysokich stężeń jest bardzo lokalny.



Rysunek 229. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 16 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Wyniki modelowania nie odzwierciedlają wyników pomiarów w województwach wschodnich i południowych. Najwyższe stężenia występują w wynikach modelowania w województwie dolnośląskim oraz śląskim. Wyniki dla województwa mazowieckiego, podkarpackiego czy małopolskiego nie wskazują na występowanie stężeń przekraczających wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

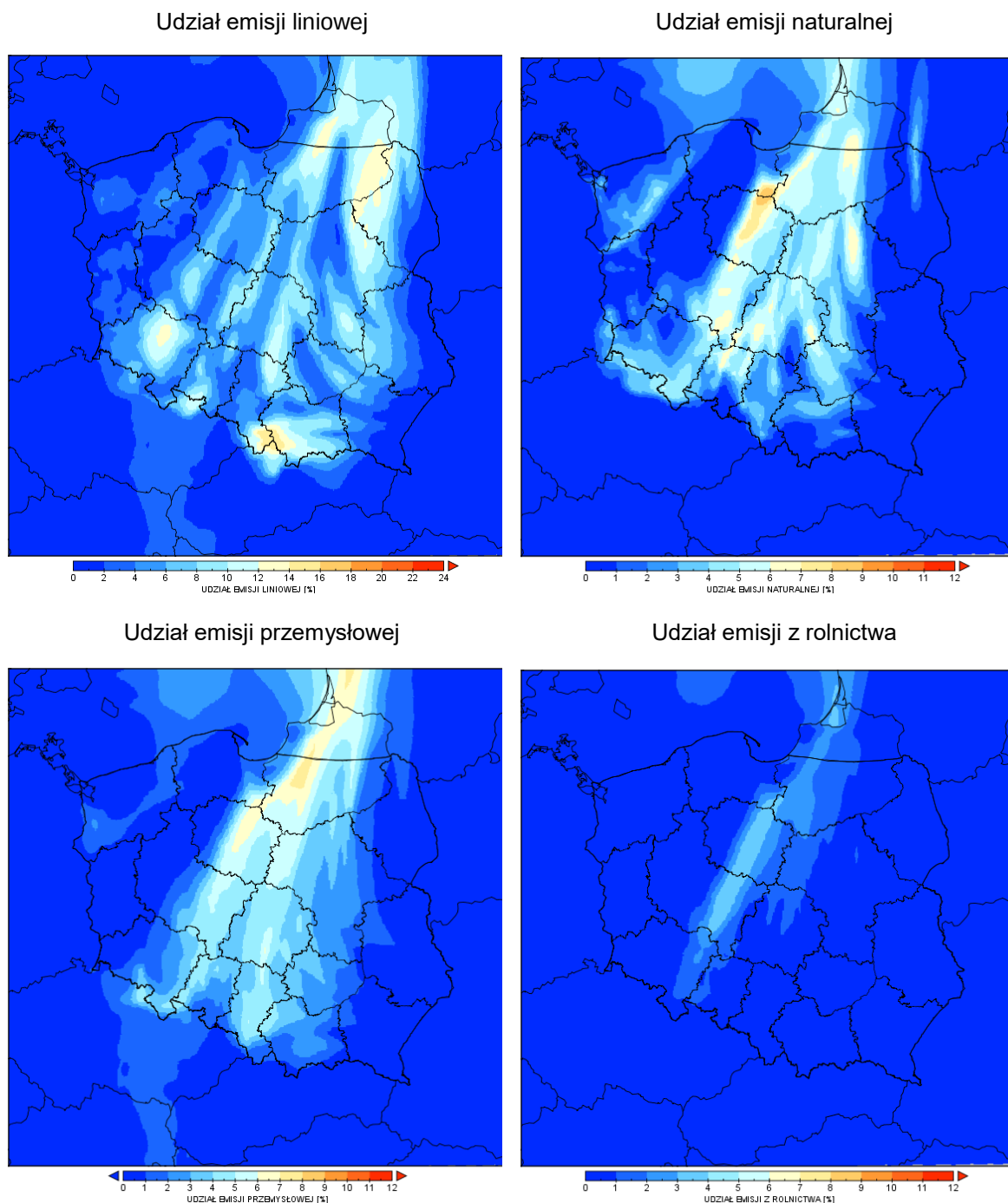


Rysunek 230. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 16.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.18.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

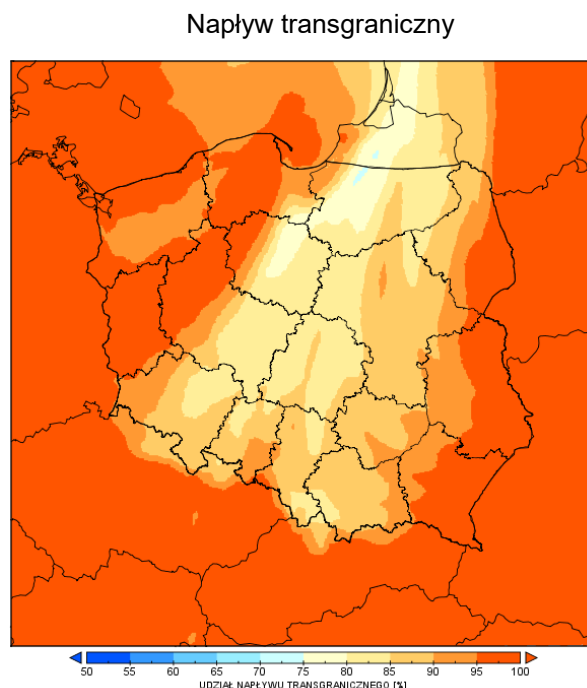
Na podstawie wyników modelowania dla wybranej godziny wystąpienia najwyższych stężeń ozonu określono również szacunkowy udział poszczególnych rodzajów źródeł emisji w tworzeniu się ozonu w powietrzu. Źródła krajowe w wynikach modelowania wykazują udział w wynikach dla województw centralnych. Źródła liniowe wskazują udział na poziomie 10-11% w centralnej części kraju. Największy udział miały w województwie małopolskim, gdzie ich udział zwiększył się do 14%.

Udział źródeł naturalnych i przemysłowych został określony na podobnym poziomie około 7%, szczególnie w rejonie województw kujawsko-pomorskiego i warmińsko-mazurskiego. Udział tych źródeł na pozostałym obszarze jest zbliżony i wynosi do 5% w centralnej części kraju.



Rysunek 231. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 16.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Udział źródeł transgranicznych jest największy w województwach lubuskim, zachodniopomorskim czy pomorskim, a także w obszarze wysokich stężeń ozonu w województwie podkarpackim. Najniższy udział sięgający 80% znajduje się na obszarze centralnej części kraju, gdzie między innymi znajdują się również obszary wysokich stężeń w ciągu danego dnia epizodu.



Rysunek 232. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 16.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.19. Epizod 18 sierpnia 2017

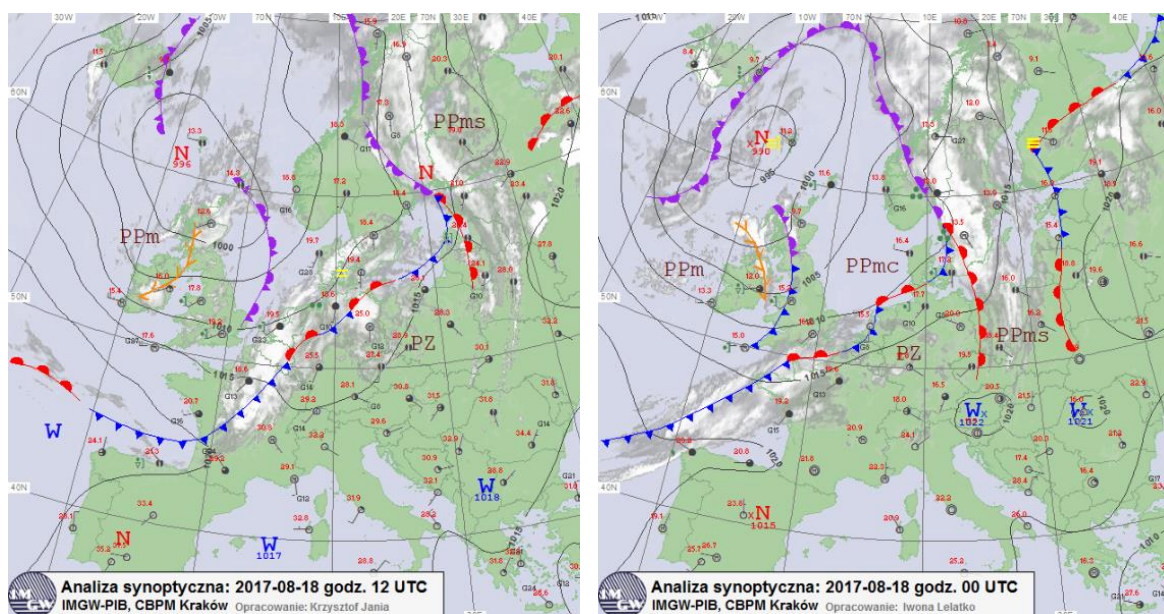
Epizod 18 sierpnia również miał charakter lokalny. Zanotowano go na tych samych stacjach w woj. świętokrzyskim co poprzednio (w Nowinach i w Połańcu), a ponadto na stacji Biały Słup w woj. lubelskim i w Parzniewicach w woj. łódzkim. Długość trwania epizodu na wszystkich stacjach wyniosła 8 godzin, z wyjątkiem stacji w Białym Słupie, gdzie doszła do 9. Maksymalne stężenia występowały między godziną 15:00 a 17:00, dochodząc do $153,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Parzniewicach o godzinie 17:00. Godzinę wcześniej odnotowano największy zasięg geograficzny tego epizodu – łącznie 27 stacji w południowej i środkowej Polsce miało w tym czasie stężenia ozonu przekraczające wartość graniczną $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.19.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

Warunki meteorologiczne na terenie Polski 18 sierpnia kształtowały się głównie pod niżu atlantyckiego z centrum 995 hPa nad Wyspami Owczymi. Jego zatoka z okludującymi się frontami rozciągała się spod Jan Mayen przez Morze Norweskie, a następnie na południowy wschód przez Skandynawię i Bałtyk, a dalej na południe przez wschodnią Polskę i Słowację po środkowe Węgry, dość szybko przesuając się na wschód. Zachmurzenie frontowe obecne w północnej i zachodniej części kraju ulegało postępującej dezintegracji w obszarze wzrastającego ciśnienia i wypełniania się tej zatoki. Z kolei druga zatoka tego niżu z aktywnym frontem chłodnym, z wyraźnym zafalowaniem u wybrzeży Holandii i drugim nad Zatoką Biskajską, postępując na

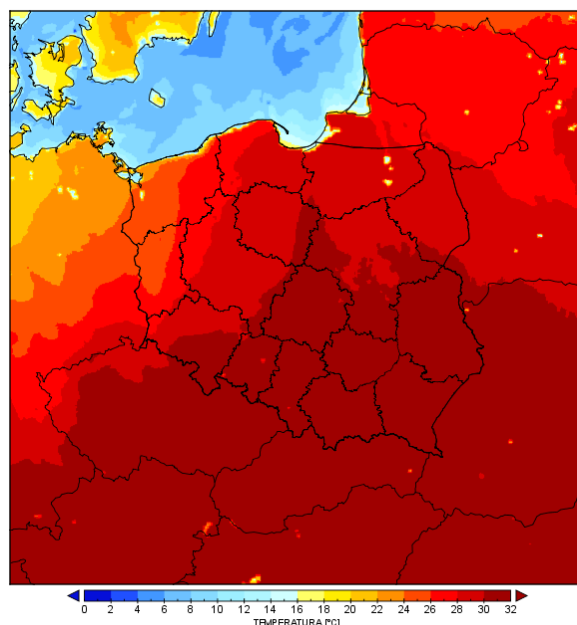
wschód, u schyłku dnia weszła do nas znad Niemiec, najpierw nad Pomorze Zachodnie, a następnie nad Ziemię Lubuską i Łużycę. W strefie frontowej występowały opady umiarkowane i silne, a miejscami z wbudowanych w system zachmurzenia frontowego chmur Cb także opady nawałne towarzyszące burzom.

Postępującej kompensacji ciśnienia, prowadzącej do szybkiego wypełniania się zatoki, towarzyszył południowy napływ gorącego powietrza znad Czech i Słowacji. Wysokie, dochodzące do 30 stopni temperatury sięgnęły na wschodzie po południowe Podlasie, a na zachodzie po granicę pomiędzy Ziemią Lubuską i Łużycami. Chłodniej było na północnym wschodzie, w strefie większego zachmurzenia towarzyszącego nadciągającemu frontowi.



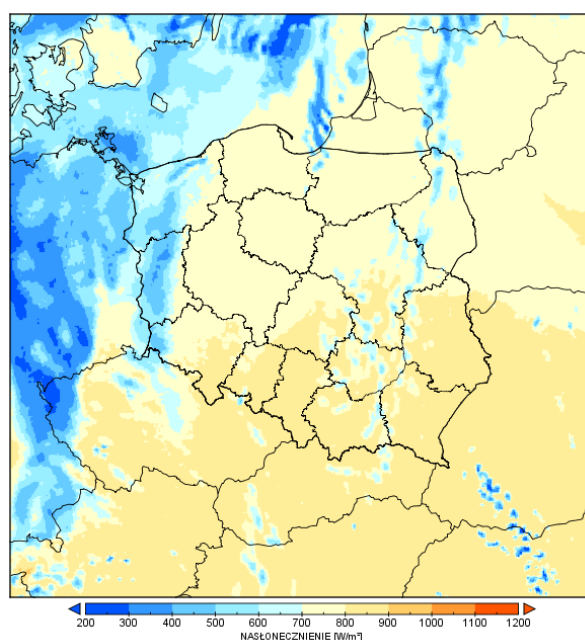
Rysunek 233. Analiza synoptyczna w dniu 18.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

Temperatura w całym kraju w dniu epizodu była wysoka. Na południu i w centralnej części kraju dochodziła do 32°C. Najniższa temperatura (24°C) zanotowana była na północnym krańcu województwa zachodniopomorskiego. Wysokie temperatury sprzyjały powstawania ozonu.

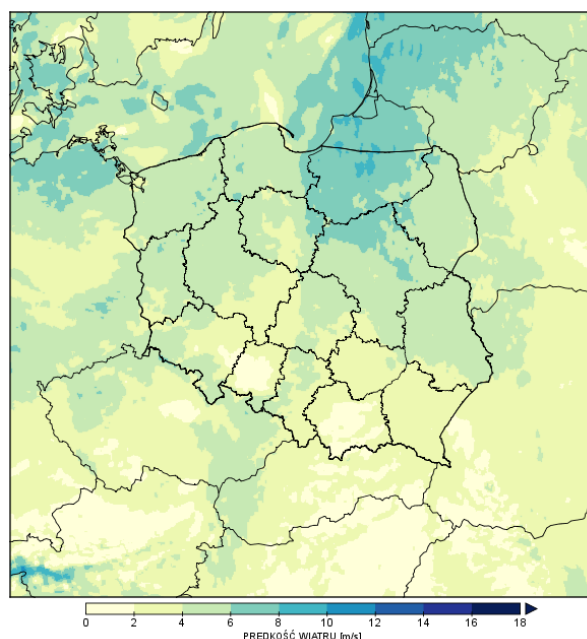


Rysunek 234. Temperatura powietrza w dn. 18.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

Natężenie promieniowania słonecznego było duże, z zachmurzeniem wzdłuż zachodniej granicy kraju oraz niewielkim zachmurzeniem nad województwami mazowieckim, świętokrzyskim i podlaskim.



Rysunek 235. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 18.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)

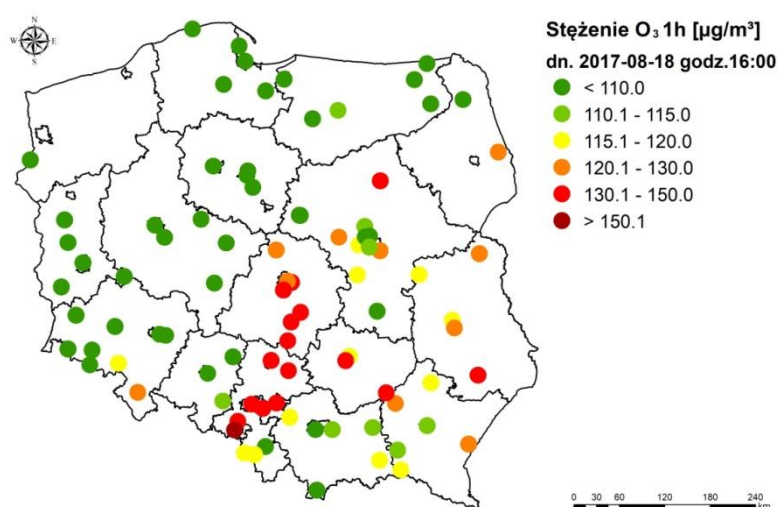


Rysunek 236. Prędkość wiatru w dn. 18.08.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

Prędkość przepływu mas powietrza była w całym kraju stabilna i nie przekraczała 4 m/s, poza województwem warmińsko-mazurskim, gdzie prędkość sięgała do 8 m/s.

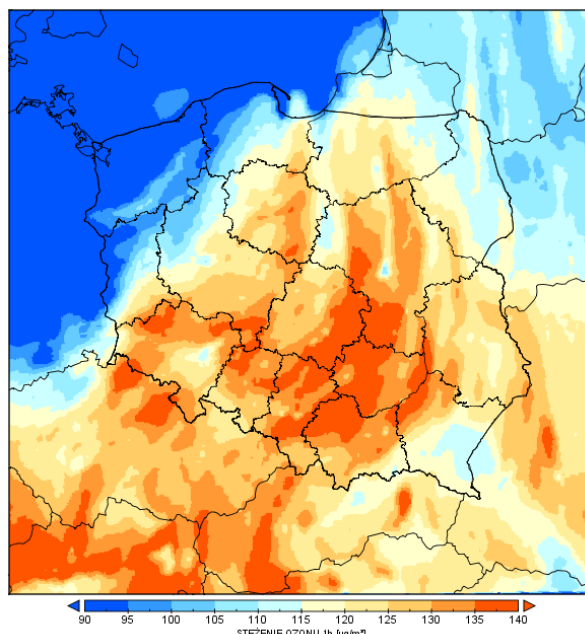
7.19.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

Analiza wyników pomiarów ozonu oraz zasięgu występowania wysokich stężeń w dniu epizodu pozwoliła na zobrazowanie skali występowania epizodu. W dniu wysokich stężeń objęły one 27 stacji pomiarowych szczególnie skupione w województwach łódzkim, śląskim i mazowieckim. Województwa podkarpackie czy świętokrzyskie oraz lubelskie mają przekroczenia na pojedynczych stacjach.



Rysunek 237. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 18 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

W wynikach modelowania odzwierciedlenie wysokich stężeń ozonu widoczne jest we wszystkich województwach w których również pomiary wskazują na przekroczenie poziomu $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dodatkowo wyniki modelowania wskazują na przekroczenie na obszarach, które nie mają przekroczeń w pomiarach jak w województwie opolskim czy dolnośląskim oraz wielkopolskim czy kujawsko-pomorskim. W tym zakresie modelowanie przeszacowało wyniki w stosunku do pomiarów.

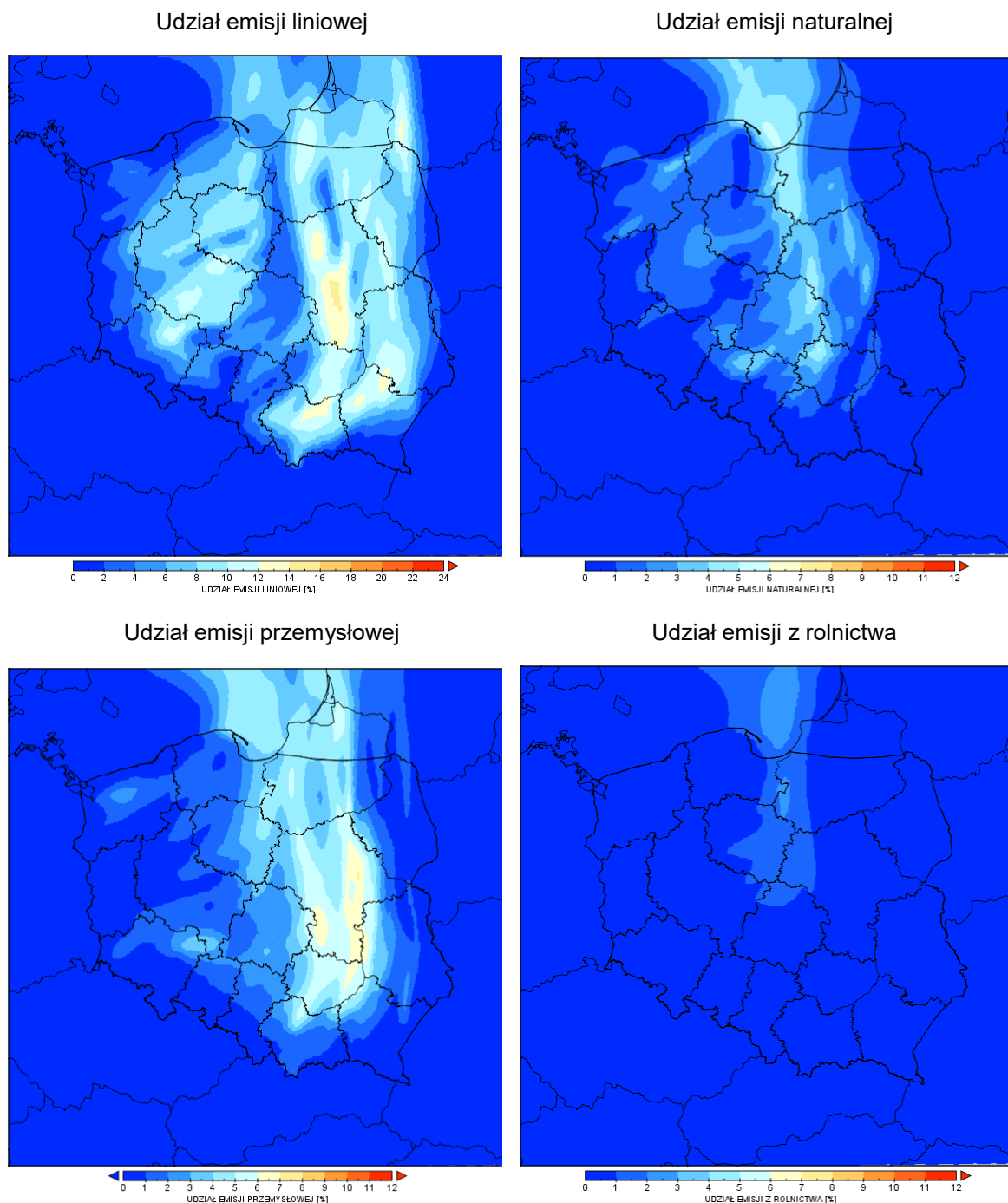


Rysunek 238. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 18.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.19.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

W wyniku modelowania określono udział źródeł emisji prekursorów w tworzeniu się ozonu w powietrzu w dniu wystąpienia epizodu.

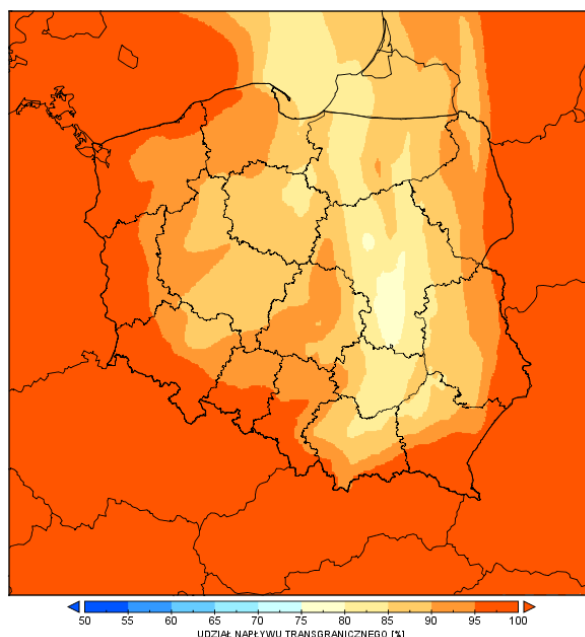
W dniu wystąpienia epizodu widoczny jest nieznaczny udział źródeł liniowych w formowaniu się ozonu, który wynosił nieco ponad 12% w we wschodniej części kraju. Do 7% dochodzi udział emisji przemysłowej również we wschodnich województwach, szczególnie widoczny w województwie mazowieckim. Udział źródeł rolniczych jest bardzo znikomy i nie przekracza 5% w środkowej części kraju.



Rysunek 239. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 18.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Udział źródeł transgranicznych podobnie jak dla pozostałych epizodów jest znaczącym udziałem i odpowiada za powstanie epizodu wysokich stężeń, ponieważ dochodzi do 95% w województwach śląskim, podkarpackim czy opolskim, a także w województwach zachodnich.

Napływ transgraniczny



Rysunek 240. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 18.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.20. Epizod 30-31 sierpnia 2017

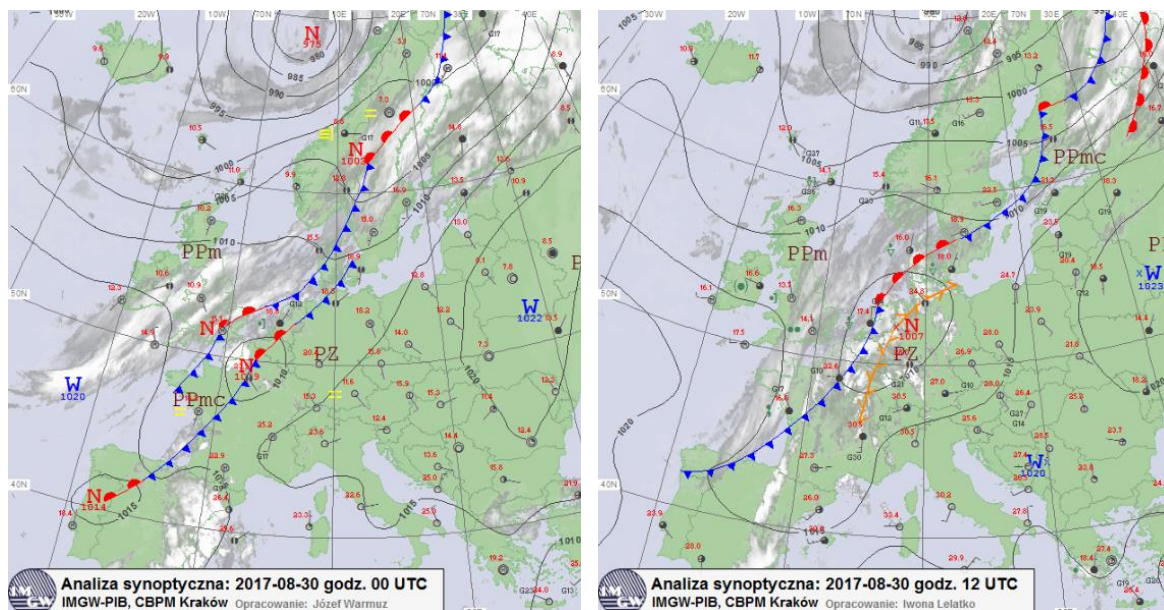
Ostatni epizod w 2017 roku zanotowano w dniach 30-31 sierpnia. W pierwszym dniu objął on 3 stacje na Dolnym Śląsku i jedną na terenie Wielkopolski, natomiast w drugim dniu wysokie stężenia ozonu utrzymywały się powyżej 8 godzin tylko na jednej stacji, w Gutach Dużych na Mazowszu. W obu dniach zatem był to epizod o charakterze lokalnym.

Najdłużej, bo 14 godzin wysokie stężenia trwały w Koninie, przy czym epizod rozpoczął się tu 30 sierpnia o godzinie 11:00 i kontynuował do godziny 00:00 31 sierpnia. Podobnie było w Czarniawie (13 godzin – epizod zakończył się o 4:00 31 sierpnia). Najwyższe stężenie 30 sierpnia wyniosło $171,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Koninie o godzinie 14:00 (stężenia na dolnym Śląsku nie przekroczyły $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Maksymalne stężenie 31 sierpnia zanotowane w Gutach Dużych wyniosło $154,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o godzinie 16:00.

7.20.1 Warunki meteorologiczne w trakcie trwania epizodu

W dniu 30 sierpnia Polska znalazła się w obrębie ciepłego powietrza zwrotnikowego zaciąganego z południa nad Europę środkową po zachodniej stronie rozległego wyżu z ośrodkiem Białorusią. Poranek był całkowicie bezchmurny, w ciągu dnia pojawiały się na niebie cumulusy o wysokiej podstawie i w niewielkiej ilości. Południowy napływ powietrza, niewielkie zachmurzenie i jeszcze długi dzień stanowiły sprzyjające warunki do wzrostu temperatury. W południe jej wartość dochodziła do 28

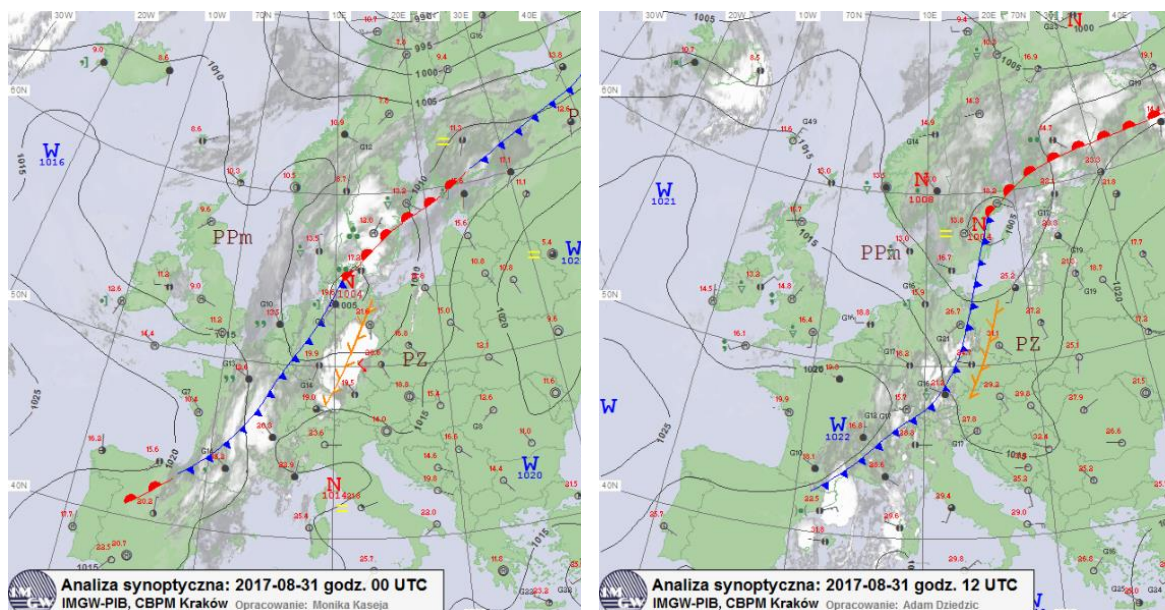
stopni na Dolnym Śląsku. Nieco chłodniej było w środkowej i północnej części kraju (24-25 stopni), a najniższe były wskazania termometrów na wschodzie.



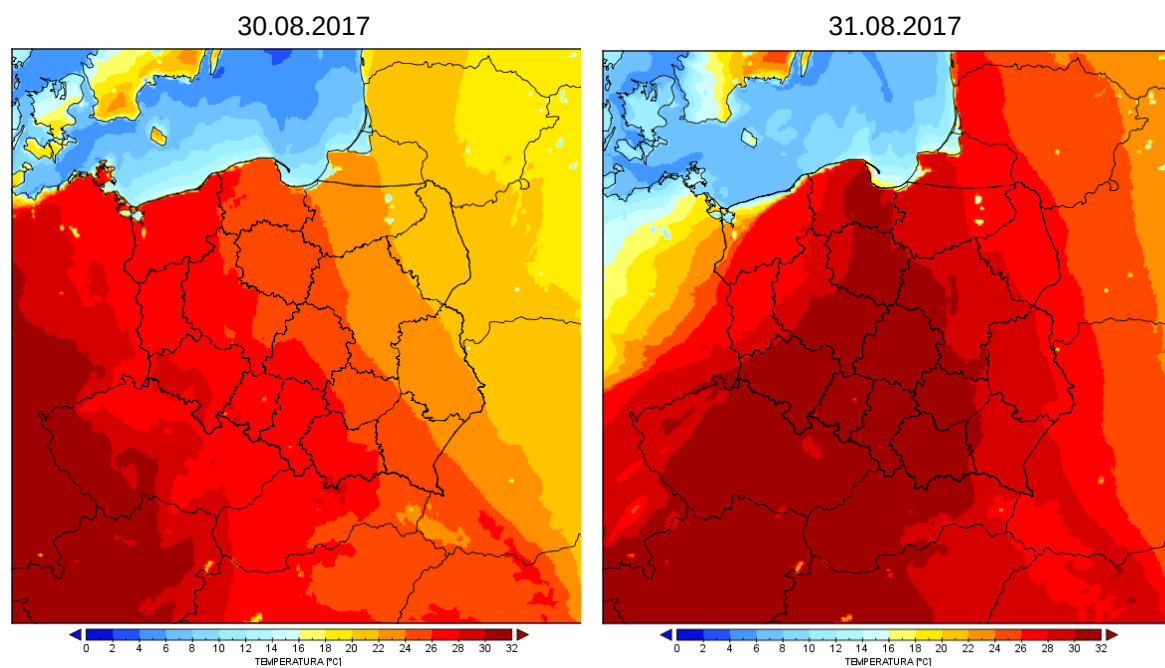
Rysunek 241. Analiza synoptyczna w dniu 30.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).

Z biegiem dnia wyż powoli przesunął się na wschód, zaś od północnego zachodu zbliżała się zatoka niżowa z niewielkim ośrodkiem migrującym z nad północnej Francji w stronę Danii. W nocy dotarł on nad Skanię i powędrował dalej bałtyckim brzegiem Szwecji nad środkową Finlandię i Morze Białe. Związana z nim zatoka objęła północną i zachodnią część kraju i sięgnęła aż po Węgry i Słowenię.

Przejście zatoki wiązało się z nadejściem od zachodu zachmurzenia średniego i niskiego, początkowo rozproszonego i rozwarstwowanego, później bardziej zwartej. Po południu pojawiły się także dłużej trwające opady deszczu z chmur frontowych o różnym natężeniu. Wystąpiły one na Pomorzu Zachodnim i Ziemi Lubuskiej, a w nocy objęły Dolny Śląsk, Wielkopolskę, Kujawy i Dolną Wisłę. W strefie zachmurzenia i opadów wyraźnie obniżyły się temperatury, aż do poziomu 15-12 stopni. Za frontem nastąpiła także zmiana kierunku wiatru na północno-zachodni. Ciepła letnia pogoda utrzymała się jeszcze przez większość dnia w centrum i na południowym wschodzie kraju. W południe w Warszawie temperatura przekraczała 27 stopni, zachmurzenie było niewielkie, a nad częścią kraju niebo pozostało bezchmurne.

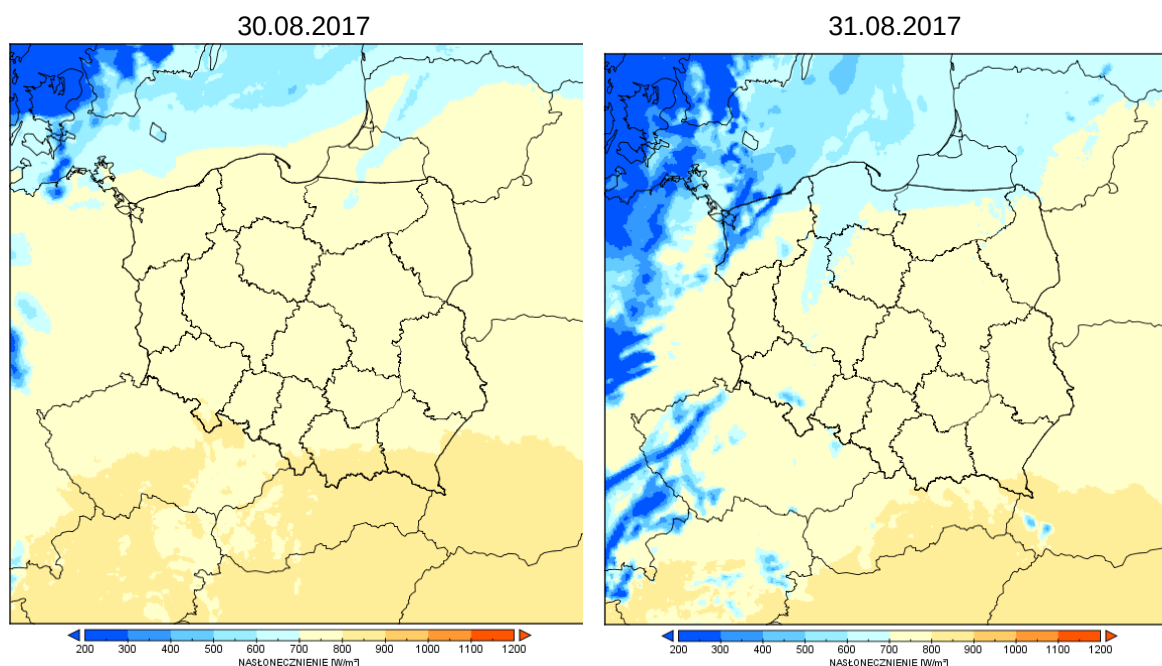


Rysunek 242. Analiza synoptyczna w dniu 31.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).



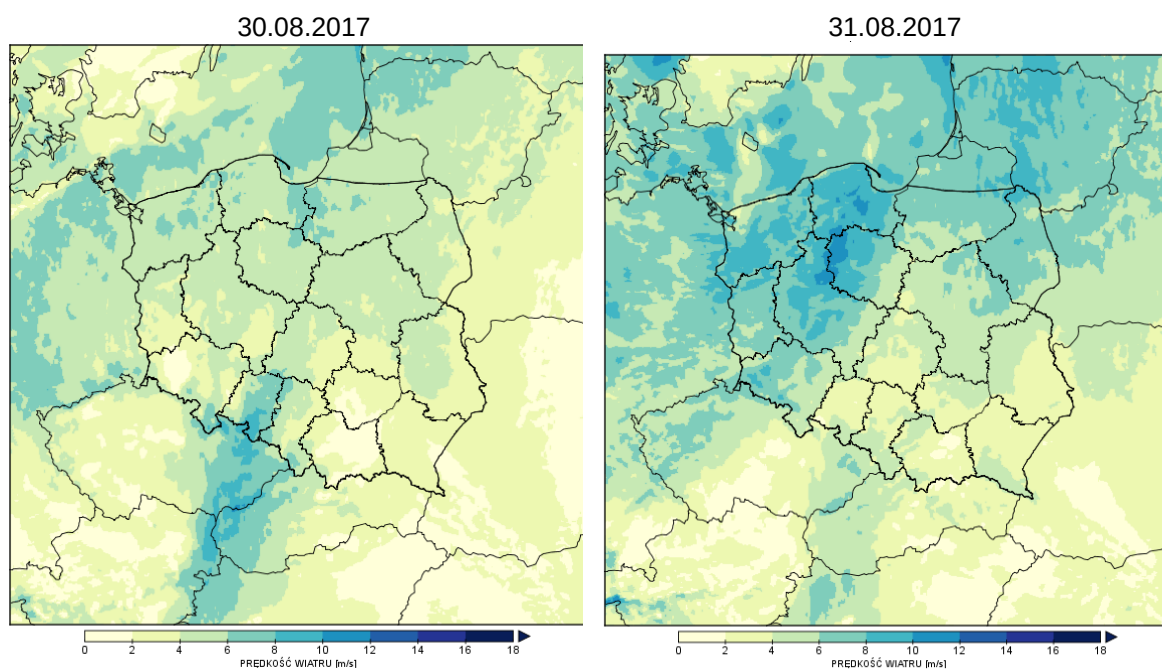
Rysunek 243. Temperatura powietrza w dn. 30-31.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne

Pod koniec sierpnia nad południowo-zachodnią Polskę napływały masy upalnego powietrza (do 32°C). Większa część kraju znajdowała się pod wpływem wysokich temperatur. Na północno-zachodnim skrawku województwa zachodniopomorskiego temperatura nie przekraczała 22°C.



Rysunek 244. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 30-31.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.

W czasie trwania epizodu nasłonecznienie było bardzo duże. Napływające masy powietrza znad Skandynawii w drugim dniu epizodu przyniosły lekkie zachmurzenie nad północno-zachodni kraniec kraju.

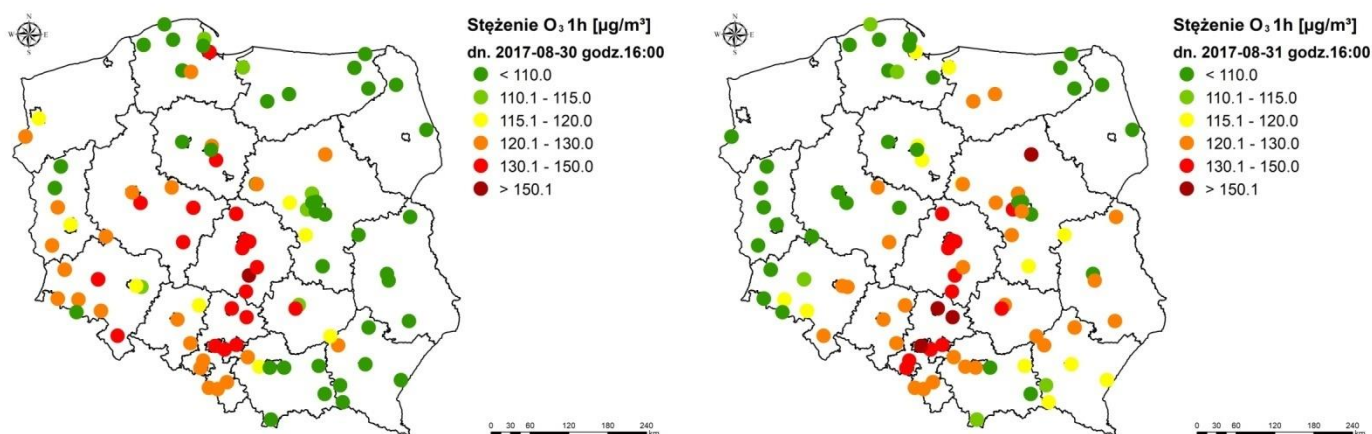


Rysunek 245. Prędkość wiatru w dn. 30-31.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne

Prędkość przepływu mas powietrza na większości terytorium kraju była stabilna. W drugim dniu epizodu zauważalnie prędkość przepływu mas powietrza nad zachodnią i północno-zachodnią Polską wzrosła do 10 m/s..

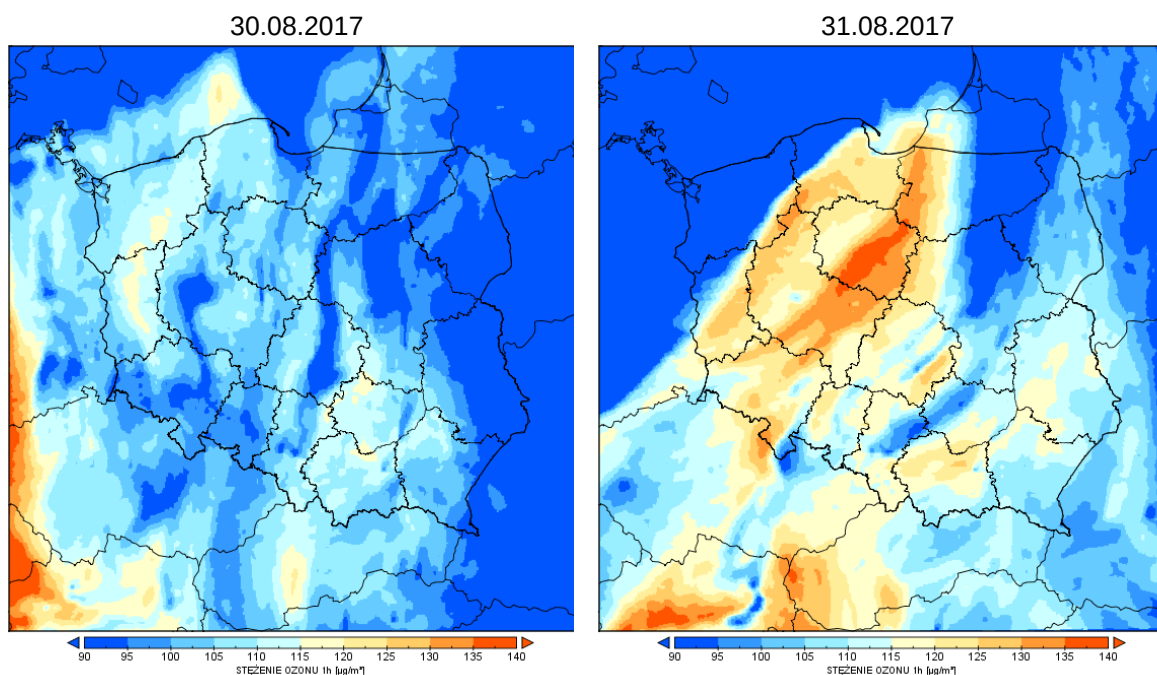
7.20.2 Poziom stężenie ozonu w trakcie trwania epizodu

W trakcie epizodu największy zasięg wysokich stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obejmował maksymalnie w pierwszym dniu 44 stacje, a w drugim 46 stacji pomiarowych. Jednakże tylko na 4 stacjach wysokie stężenia utrzymywały się przez 8 godzin nieprzerwanie. Najwyższe stężenie w trakcie epizodu wystąpiło o godzinie 17:00 czyli godzinę po wystąpieniu największego zasięgu wysokich stężeń. Skala wysokich stężeń obejmowała stacje w województwie dolnośląskim, śląskim, wielkopolskim, łódzkim i świętokrzyskim. Po kilku stacjach w województwie mazowieckim, małopolskim i podkarpackim również odnotowały wysokie stężenia ozonu.



Rysunek 246. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 30 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).

Wyniki modelowania nie odzwierciedlają wyników pomiarów w pierwszym dniu epizodu, dopiero dane dla drugiego dnia wskazują na występowanie przekroczeń. Jednakże obszar wystąpienia przekroczeń w drugim dniu jest przesunięty nieco na zachód i nie obejmuje województw, w których wystąpiły przekroczenia w pomiarach. W województwach podkarpackim czy lubelskim oraz małopolskim wyniki modelowania nie wskazały przekroczeń.



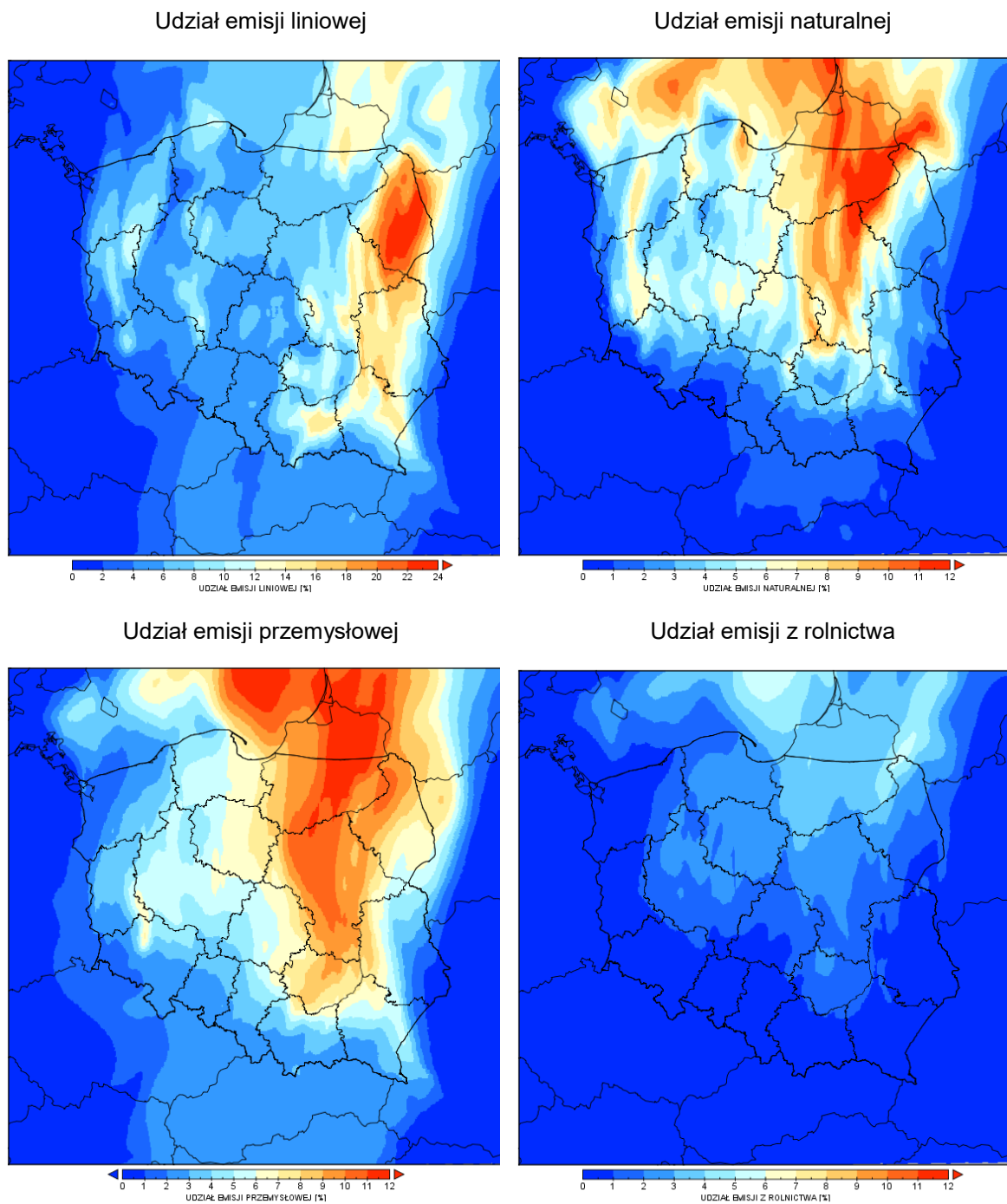
Rysunek 247. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 30-31.08.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.20.3 Udział źródeł emisji w stężeniach ozonu w trakcie epizodu

Źródła lokalne w dniu epizodu według wyników modelowania miały wpływ na kształtowanie się wysokości stężeń ozonu nad krajem.

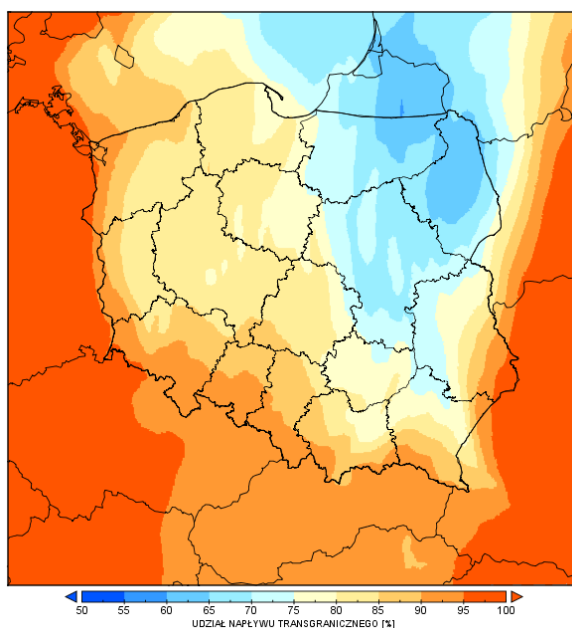
Źródła rolnicze nie miały wpływu na formowanie się ozonu, natomiast źródła naturalne wpływały maksymalnie w 11% na wysokość stężeń ozonu w województwie warmińsko-mazurskim, podlaskim i mazowieckim. Największy udział źródeł liniowych powyżej 24% widoczny jest w województwach podlaskim i części województwa lubelskiego, jednak w tych województwach stężenia ozonu były najniższe w wynikach modelowania. Podobnie wygląda udział źródeł przemysłowych wraz ze źródłami ze spalania w sektorze komunalno-bytowych. Źródła te mają największy udział w stężeniach ozonu na terenie województw warmińsko-mazurskiego, mazowieckiego, podlaskiego i świętokrzyskiego.

W obszarze występowania wysokich stężeń ozonu w wynikach modelowania, przeważający jest udział źródeł transgranicznych w formowaniu się stężeń na terenie południowej części kraju. Udział tych źródeł sięga od 85 do 95% i największy jest w województwach śląskim, dolnośląskim i opolskim. Najniższy procent udziału źródeł transgranicznych widoczny jest w województwach warmińsko-mazurskim, mazowieckim czy podlaskim - wyniósł on od 65 do 70%.



Rysunek 248. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Napływ transgraniczny

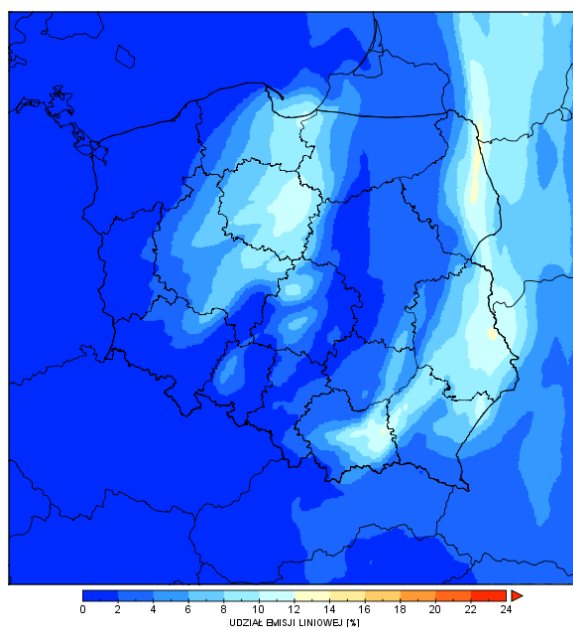


Rysunek 249. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

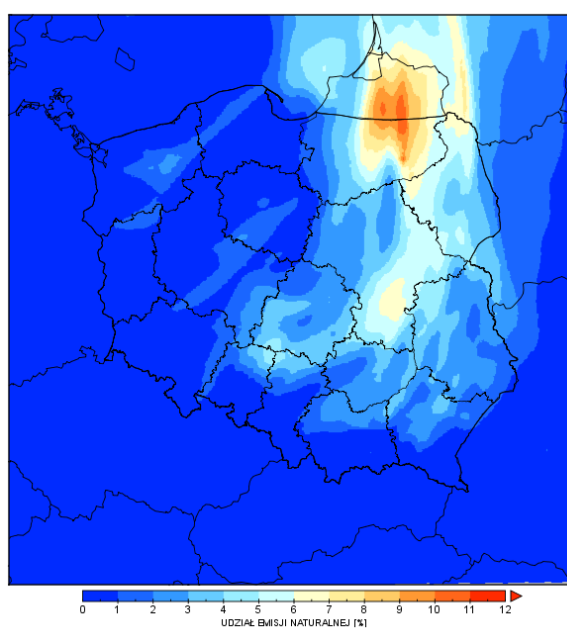
W drugim dniu epizodu źródła krajowe nie miały znaczącego wpływu na tworzenie się stężeń ozonu w atmosferze. Znikomy udział sięgał tylko do 10% dla źródeł liniowych, 8% dla źródeł naturalnych tylko w województwie warmińsko-mazurskim czy też do 7% dla źródeł przemysłowych w województwach wschodnich kraju.

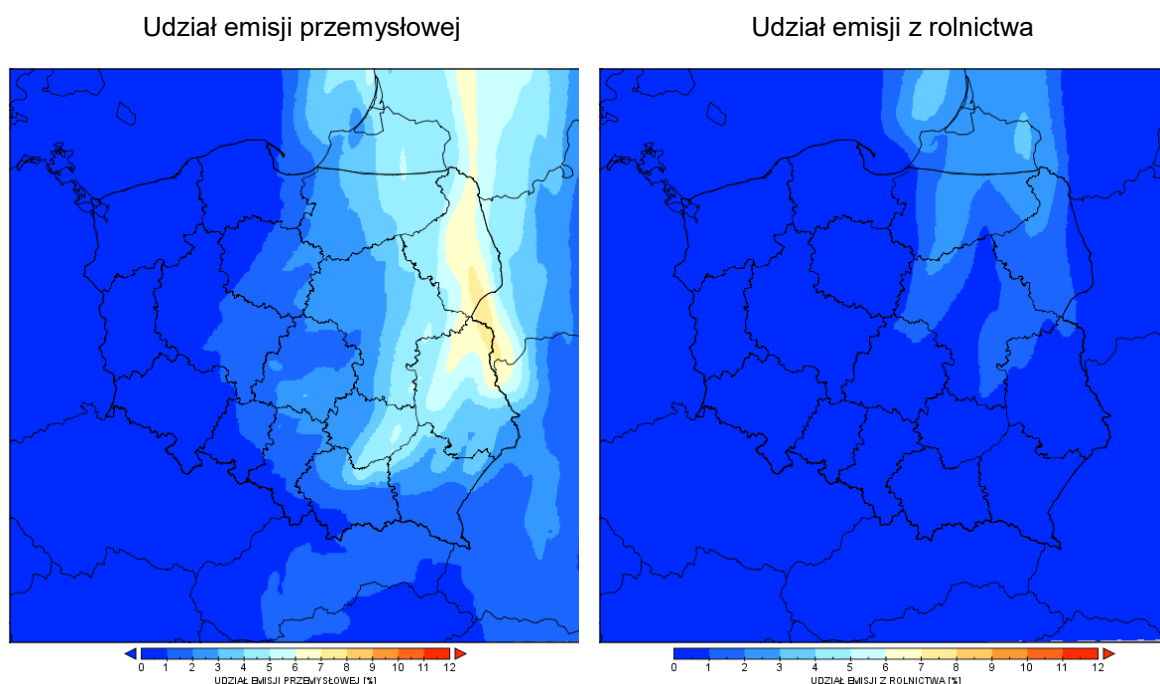
Wysokie stężenia ozonu nie zależały zatem od emisji ze źródeł zlokalizowanych na terenie kraju.

Udział emisji liniowej



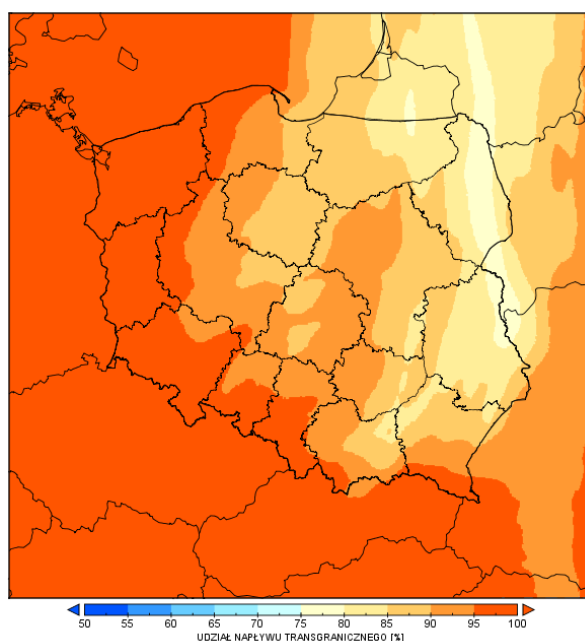
Udział emisji naturalnej





Rysunek 250. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 31.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

Udział źródeł transgranicznych jest dominującym dla całego kraju i występowanie przekroczeń ozonu było zależne od tych źródeł. największy udział źródeł transgranicznych widoczny był w województwach zachodnich i południowych gdzie dochodził do 95%.



Rysunek 251. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 31.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).

7.21. Podsumowanie analizy epizodów wysokich stężeń ozonu

W ramach analizy jakości powietrza w zakresie ozonu troposferycznego w 2017 roku, przeanalizowane zostały epizody występowania wysokich stężeń ozonu wynoszących powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przez 8 godzin nieprzerwanie. Epizody takie stanowią przekroczenia poziomu celu długoterminowego zgodnie z rozporządzeniem³.

W 2017 roku na podstawie wyników pomiarów wykonywanych na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska zidentyfikowano 33 dni, w których wystąpił epizod wysokich stężeń ozonu przekraczających wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nieprzerwanie przez 8 godzin. Spośród tych dni wydzielono te epizody, które trwają kilka dni oraz te, które mają zasięg lokalny lub regionalny (powyżej 10 stacji ma wysokie stężenia).

W rezultacie analizie poddano 21 epizodów, w tym 4 epizody regionalne oraz 17 lokalnych. Wysokie stężenia ozonu rozpoczęły się wyjątkowo 30 stycznia, a zakończyły 31 sierpnia 2017 r. Spośród analizowanych epizodów 12 z nich trwało jeden dzień, 8 trwało 2 dni, a pozostałe 1 trwało 5 dni. Najdłuższym epizodem był epizod w maju 2017 roku, który trwał 32 godziny, a wysokie stężenia wystąpiły maksymalnie na 20 stacjach pomiarowych. Najszerszy zasięg miał epizod w dniach 30 lipca - 3 sierpnia, ponieważ wystąpił na 23 stacjach jednocześnie, przez co miał zasięg regionalny. Maksymalne stężenie wyniosło $186,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w dniu 3 czerwca w Wodzisławiu Śląskim w trakcie epizodu regionalnego.

Przeanalizowano warunki meteorologiczne występujące w czasie trwania epizodów wysokich stężeń ozonu pod kątem temperatury, prędkości przepływu mas powietrza oraz pod kątem nasłonecznienia. Analizy wskazują na znaczny wpływ warunków meteorologicznych na występowanie epizodów wysokich stężeń ozonu. W szczególności widoczny jest wpływ nasłonecznienia obszaru na występowanie wysokich stężeń. Najwyższe stężenia ozonu występowały w trakcie epizodów w godzinach od 14:00 do 18:00, co również świadczy o wpływie nasłonecznienia na powstawanie ozonu troposferycznego, a przy słabych prędkościach mas powietrza prowadzi do kumulacji substancji stanowiących prekursorzy ozonu. W obszarach górskich w Szklarskiej Porębie czy na Śnieżce stacje odnotowywały wysokie stężenia w trakcie epizodów w godzinach nocnych lub wczesnych porannych, co świadczy o specyfice obszarów oraz warunków meteorologicznych, jakie występują w obszarach górskich.

Przedstawiony w analizie został również najszerszy zasięg występowania wysokich stężeń ozonu w powietrzu, w trakcie trwania epizodu. Wyniki analizy wskazują, iż liczba stacji na których wystąpił epizod wysokich stężeń ozonu przez ponad 8 godzin jest stosunkowo niewielka, do liczby stacji, na których jednocześnie wystąpiło przekroczenie poziomu $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zasięg czasowy tych stężeń nie przekraczał 8 godzin, dlatego nie zostały one zaliczone do trwającego epizodu. Świadczy to jednak o szerokiej skali występowania wysokich stężeń ozonu.

³ Dz. U. z 2012 r. poz. 1031

Jednocześnie w większości epizodów godzina występowania najszerszego zasięgu wysokich stężeń ozonu na stacjach pomiarowych nie była jednocześnie godziną, w której stężenie było najwyższe. Bardzo często była to różnica jednej lub dwóch godzin, kiedy stężenie na jednej ze stacji znacznie rosło.

Uwzględniając wystąpienie najwyższych stężeń ozonu przeprowadzona została również analiza wyników modelowania stężeń ozonu dla tej godziny oraz analiza udziałów źródeł emisji prekursorów w kształtowaniu się ozonu w atmosferze. Przeanalizowany został udział zarówno źródeł krajowych jak źródła przemysłowe, źródła liniowe, źródła z rolnictwa czy źródła naturalne, ale również źródeł transgranicznych.

W większości dni w ramach trwania epizodów wysokich stężeń ozonu wyniki modelowania potwierdzały wyniki pomiarów na stacjach, wskazując również, na obszary występowania stężeń powyżej wartości $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zaledwie dla kilku dni w epizodach wyniki modelowania były niedoszacowane w danym obszarze.

Dokonana analiza udziałów poszczególnych źródeł emisji w tworzeniu się stężeń ozonu wykazała, iż na wysokość stężeń ozonu w największy sposób mają wpływ źródła transgraniczne, których udział kształtuje się od minimum 65% do 100% w obszarach przekroczeń wartości celu długoterminowego. Źródła z rolnictwa nie mają wpływu na powstawanie ozonu w atmosferze w trakcie analizowanych epizodów. Źródła naturalne w niektórych epizodach miały wpływ do 10% na występowanie wysokich stężeń ozonu w trakcie epizodów. Największy wpływ spośród źródeł krajowych miały źródła liniowe - do 22% oraz źródła przemysłowe - do 12%. Biorąc pod uwagę możliwość wpływu na wysokość stężeń ozonu, to te właśnie źródła stanowią potencjał do ograniczenia występowania wysokich stężeń ozonu w trakcie epizodów, jednakże należy mieć na względzie fakt, że obszary wpływu poszczególnych rodzajów źródeł krajowych nie zawsze pokrywały się z obszarami występowania najwyższych stężeń ozonu.

Przeprowadzona analiza występowania epizodów pozwoliła na wskazanie warunków, w których stężenia ozonu stanowią przekroczenie wartości normowanej, a także przyczyn tego rodzaju sytuacji pogorszenia jakości powietrza.

8. Analiza porównawcza wyników oceny rocznej dla ozonu troposferycznego pomiędzy latami 2016 i 2017.

W ramach analizy rocznej oceny jakości powietrza dla roku 2017 przeprowadzono również analizę porównawczą dla wyników pomiędzy rokiem 2016 i 2017. Analiza porównawcza objęła takie parametry oceny jak:

- liczba dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pod kątem dotrzymania poziomu celu długoterminowego,
- percentyl 93,15 ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących,

- wskaźnik AOT40 pod kątem dotrzymania poziomu celu długoterminowego w celu ochrony roślin,
- wskaźnik SOMO35.

Analiza dodatkowo obejmuje porównanie wyników dla obu zastosowanych rozdzielczości 5x5 km oraz 15x15 km oraz obu wariantów. W celu przedstawienia przestrzennego rozkładu różnic w wysokości parametrów ozonu dla obu lat w skali kraju wykonano mapy prezentujące różnice międzyroczne w stężeniach ozonu. Dodatkowo porównano międzyroczne różnice w wielkościach obszarów przekroczeń dla stężeń ozonu pomiędzy rokiem 2016 i 2017.

W celu porównania stanu jakości powietrza ze względu na ozon troposferyczny w latach 2016 i 2017 dokonano również porównania wielkości obszarów przekroczeń dla poziomów celu długoterminowego ze względu na ochronę roślin i ochronę zdrowia.

Tabela 11. Porównanie obszarów przekroczeń i liczby narażonej ludności na stężenia ozonu w latach 2016 - 2017 (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017)

Poziom celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich koczających przekroczyło wartość 120 µg/m ³		Siatka 5 km		Siatka 15 km	
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób.]	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba narażonej ludności [osób.]
2016	WARIANT 1	279 230	32 214 303	280 106	32 851 913
	WARIANT 2	282 671	35 194 466	283 153	35 364 697
2017	WARIANT 1	254 328	31 446 359	252 787	32 081 631
	WARIANT 2	234 895	28 635 620	264 456	33 168 338
Zmiana 2016/2017	WARIANT 1	1.10	1.02	1.11	1.02
	WARIANT 2	1.20	1.23	1.07	1.07

Porównanie obszarów wystąpienia przekroczenia poziomu celu długoterminowego ze względu na ochronę zdrowia dla ozonu w skali kraju dla lat 2016 i 2017 wykazało, że obszary przekroczeń w 2016 roku były większe o około 10% w wariancie 1 i o 20% w wariancie 2 oceny jakości powietrza. Liczba dni w których wystąpiły przekroczenia wartości kryterialnej dla ozonu była niższa w 2017 roku aniżeli w 2016, co zostało wykazane w wynikach modelowania zarówno w skali 5 x 5 km jak i 15 x 15 km. Największy wpływ na ten stan miały warunki meteorologiczne, które w 2016 roku znacznie bardziej sprzyjały powstawaniu ozonu troposferycznemu i zwiększaniu się poziomu stężenia tej substancji w powietrzu.

Liczba narażonej ludności w największym stopniu różni się w analizie dla wariantu 2 w siatce modelowania 5 km x 5 km bo aż o 23%, natomiast w pozostałych wariantach analizy zmiana liczby narażonej ludności nie jest znaczna i nie przekracza 7%. Różnice pomiędzy wynikami dla obu rozdzielczości modelowania są praktycznie jednakowe, co wskazuje na spójność w metodyce dla obu lat oceny jakości powietrza.

Dodatkową analizę zmian wykonano dla wskaźnika AOT40 określanego dla ozonu ze względu na ochronę roślin, który stanowi cel długoterminowy. Porównanie również wykonano dla dwóch rozdzielczości modelowania oraz dwóch wariantów.

Tabela 12. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego ze względu na ochronę roślin jako wskaźnika AOT40 dla ozonu w latach 2016-2017 (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

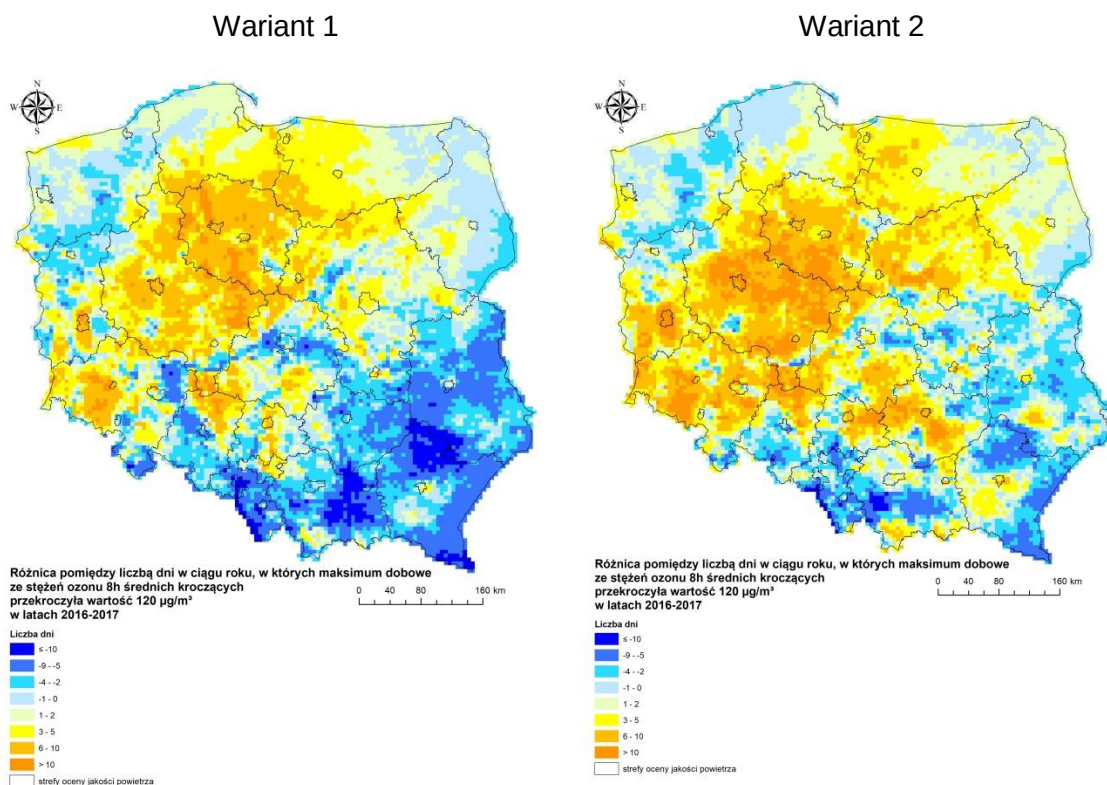
Poziom celu długoterminowego jako indeksu AOT40 określonego w celu ochrony roślin		Siatka 5 km	Siatka 15 km
		Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	
2016	WARIANT 1	291 495	291 645
	WARIANT 2	290 172	289 922
2017	WARIANT 1	294 763	295 032
	WARIANT 2	234 895	235 286
Zmiana 2016/2017	WARIANT 1	0.99	0.99
	WARIANT 2	1.24	1.23

Wskaźnik AOT40 został przekraczany na obszarach, których powierzchnia w latach 2016-2017 nie różniła się zbyt wiele w wynikach modelowania wariantu 1. Dla obu siatek modelowania różnica w powierzchni wyniosła jedynie 1%, co świadczy o porównywalnych wynikach oceny jakości powietrza w obu okresach. W 2016 roku obszary te były minimalnie mniejsze, aniżeli w 2017 roku. Natomiast odwrotna sytuacja zachodzi w wariantie 2, gdzie obszary przekroczeń w wariantie 2 były o 23% niższe w 2017 roku aniżeli w 2016. O ile wyniki samego modelowania przy zastosowaniu nowych danych meteorologicznych i zaktualizowanej bazy emisji dały podobne efekty dla obu lat w wariantie 1, to zastosowania analiz przestrzennych zmieniło obraz obszarów przekroczeń, przez co obszary te uległy znacznej zmianie w wariantie 2.

W celu lepszego zdefiniowania różnic w stężeniach i wskaźnikach dla ozonu w skali całego kraju w latach 2016-2017 przeprowadzono analizę różnicową w ujęciu przestrzennym, wskazując różnice w wysokości stężeń ozonu, percentyla 93,15, indeksu SOMO35 oraz indeksu AOT40. Na podstawie tych analiz można zaobserwować w których obszarach kraju różnice w wysokości tych parametrów ozonu były największe, a dla których nie różniły się z roku na rok.

W wynikach modelowania obrazujących liczbę dni w ciągu roku w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 godzinnych średnich kroczących przekroczyła wartość 120 µg/m³ porównanie wyników dla rozdzielczości 5x5 km dla lat 2016-2017, wskazuje, iż w południowych obszarach kraju występowało znacznie więcej takich dni w 2017 roku aniżeli w 2016. Różnice wynoszą nawet 10 dni w województwie małopolskim i podkarpackim. Obszary wysokich stężeń ozonu występowały częściej w południowej części kraju 2017 roku, natomiast w 2016 roku obszar wysokich stężeń zlokalizowany był w województwach wielkopolskim, kujawsko-pomorskim, dolnośląskim i warmińsko-mazurskim. Liczba dni różniła się w tych województwach nawet powyżej 10 dni. Różnice te są podobne w obu wariantach analizy. Zmiany w obu latach w lokalizacji występowania wysokich stężeń ozonu mają wpływ ze zmiennymi parametrami

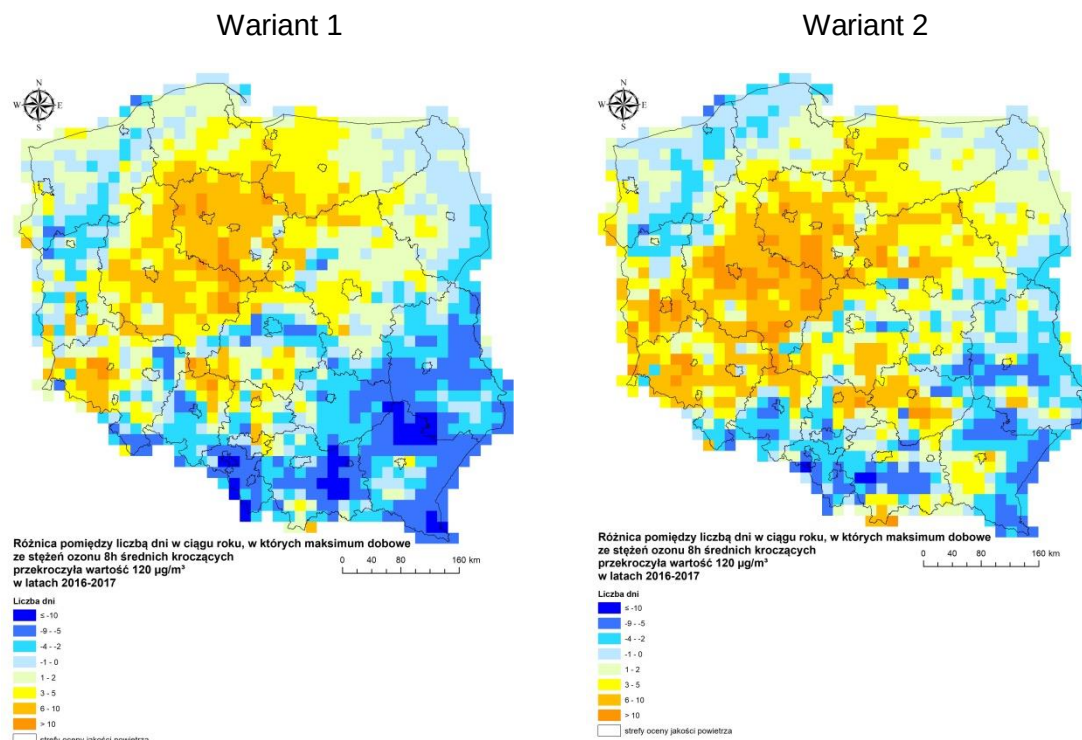
meteorologicznymi, które w głównej mierze kształtowały obszary przekroczeń celu długoterminowego dla ozonu.



Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących przekroczyło wartość 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 5 km x 5 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

Analiza dla wyników oceny wykonanej w rozdzielczości 15 km x 15 km wskazuje zbieżność z wynikami z siatki 5 km x 5 km. Obszary największych różnic w liczbie dni również zlokalizowane są w południowych województwach, gdzie więcej dni występowało w 2017 roku i w województwach wielkopolskim i kujawsko-pomorskim, gdzie więcej dni występowało w 2016 roku. Najmniejsze różnice w obu latach występowały w województwach mazowieckim, podlaskim, części warmińsko-mazurskiego, pomorskim i zachodniopomorskim, gdzie różnice wynosiły do 5 dni.

Wyniki te miały również wpływ na średnie określające poziom docelowy dla ozonu, który był wyliczany dla lat 2015-2017. Tak znaczne zmiany we wskazanych województwach wpłynęły na obszary występowanie przekroczeń poziomu docelowego.

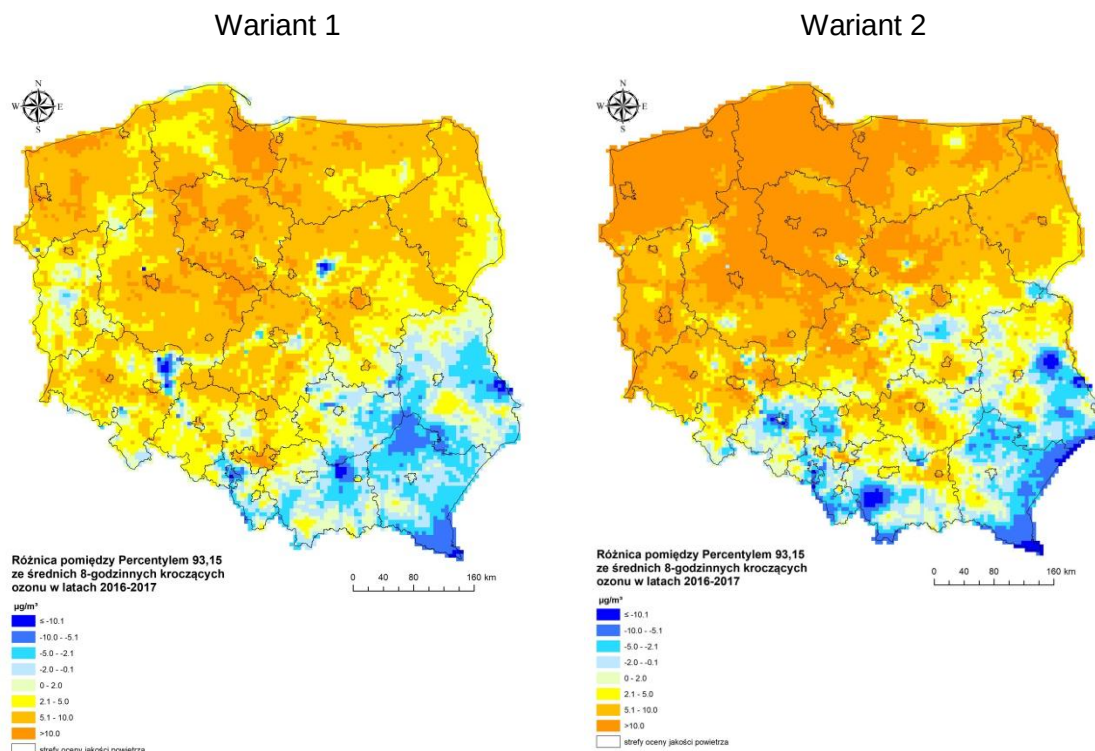


Rysunek 253. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących przekroczyło wartość 120 µg/m³ w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

Analiza różnicowa wykonana dla percentyla 93.15 ze stężeń ozonu wskazuje jakiej wielkości różnice w stężeniach występowały w obu latach. Wyższe wartości percentyla w 2016 roku w stosunku do 2017 występowały w całej północnej części kraju i sięgały powyżej 10 µg/m³. Najniższe różnice w wartościach percentyla występują w obszarach województwa lubuskiego, dolnośląskiego, opolskiego, świętokrzyskiego, lubelskiego i części małopolskiego. W województwie podkarpackim występują największe różnice wskazujące na wyższe wartości percentyla w roku 2017 aniżeli w 2016, jednak obszar ten jest znacznie mniejszy aniżeli wyższych wartości w roku 2016.

W wariantie 2 obszar wskazujący na wyższe wartości percentyla w 2016 roku jest znacznie większy aniżeli w wariantie 1 i obejmuje wszystkie północne i północno-zachodnie województwa. Znacznie zmniejsza się obszar, gdzie różnice pomiędzy latami są małe, natomiast w wariantie 2 pojawiają się większe różnice wskazujące że wartości percentyla w 2017 roku w województwie podkarpackim i małopolskim oraz części opolskiego i lubelskiego były znacznie wyższe, aniżeli w wariantie 1.

Wysokości tych parametrów silnie zależą od warunków meteorologicznych występujących w 2016 roku, które to nie wystąpiły w takim nasileniu w 2017 roku. Głównie chodzi o poziom nasłonecznienia, temperaturę występującą w okresach letnich oraz sytuację synoptyczną na obszarze tych województw.

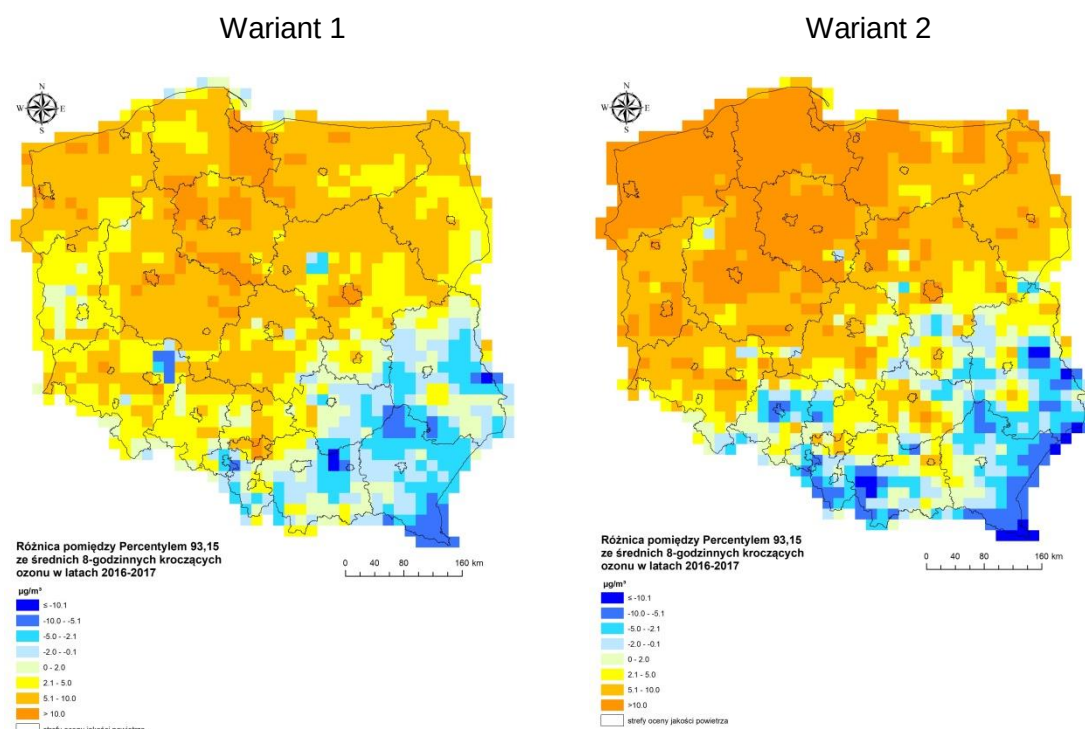


Rysunek 254. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako percentyl 93,15 ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 5 km x 5 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

Analiza porównawcza dla większej rozdzielczości modelowania 15 km x 15 km wskazuje na podobne rozmieszczenie największych obszarów różnic w wartości percentyla 93,15 ozonu w latach 2016-2017. Podobnie jak w poprzedniej analizie widoczne są wyższe wartości występujące w 2016 roku, w stosunku do 2017 na większości obszaru kraju, szczególnie w województwach północnych.

Oba warianty wskazują na zbieżne rozmieszczenie wysokości percentyla w 2016 roku i 2017 roku na obszarze kraju. W wariantie 2 zmniejsza się obszar w centrum kraju, gdzie różnice są najniższe, a znacznie bardziej zarysowane są wysokości percentyla w 2017 roku w województwach opolskim, podkarpackim czy małopolskim, gdzie różnice do roku 2016 wynoszą ponad 10 μg/m³.

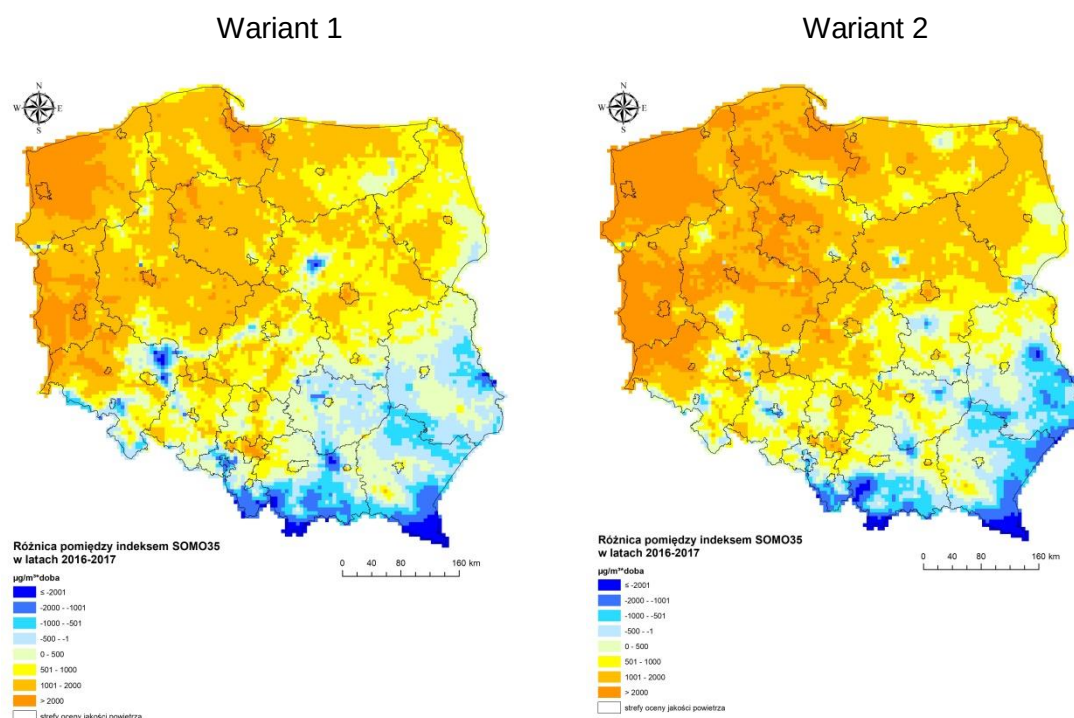
Zgodnie z wynikami analizy porównawczej rok 2016 był rokiem wyższych stężeń ozonu, niż w roku 2017, co przekładało się na obszar przekroczeń wartości celu długoterminowego, a następnie na obszar przekroczeń poziomu docelowego ozonu w perspektywie trzyletniej.



Rysunek 255. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako percentyl 93.15 ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

Parametrem, który również był analizowany w porównaniu wyników dla lat 2016 i 2017 jest indeks SOMO35 wyliczany ze względu na ochronę zdrowia. Wyniki analizy różnic w wysokości wartości indeksu SOMO35 wskazują na to, że w 2016 roku wysokości tego indeksu były znacznie wyższe w stosunku do roku 2017. Największe różnice sięgające powyżej 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{dobę}$ indeksu SOMO35 występują w obszarach województwa zachodniopomorskiego i lubuskiego, gdzie w 2016 roku parametry ten był znacznie wyższy aniżeli w 2017 roku. W 2017 roku wyższe wartości indeksu SOMO35 wystąpiły w województwach śląskim, małopolskim i podkarpackim, gdzie były wyższe w odniesieniu do roku 2017 o ponad 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{dobę}$. Najmniejsze różnice wystąpiły w województwach świętokrzyskim i lubelskim i nie przekraczały 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{dobę}$.

Potwierdza to również wcześniejsze analizy, wskazujące na wyższe stężenia w 2016 roku głównie w obszarach północnych i zachodnich kraju. Zmienność parametrów meteorologicznych w roku na rok ma zasadnicze znaczenie w ocenie jakości powietrza pod kątem ozonu troposferycznego.

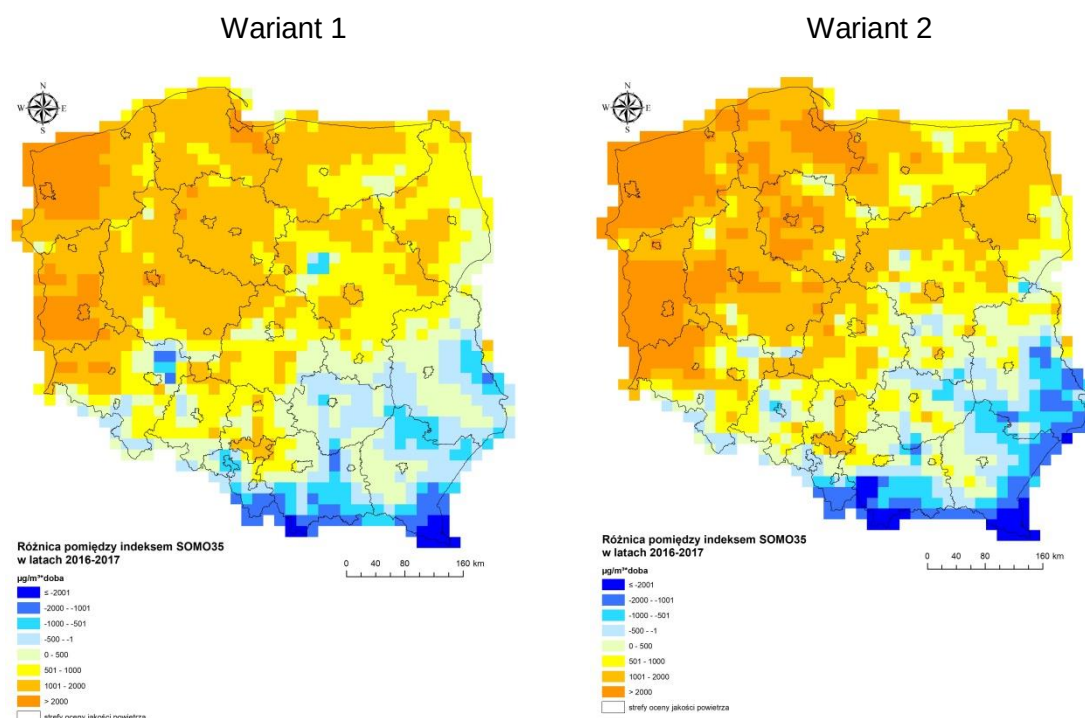


Rysunek 256. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako indeks SOMO35 w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 5 km x 5 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

Zmiana rozdzielczości modelowania nie wpłynęła zasadniczo na zmianę wartości indeksu SOMO35 dla obu wariantów analizy. W niewielkim procencie zwiększył się obszar, gdzie różnice w wysokości indeksu SOMO 35 w latach 2016-2017 są niewielkie i wynoszą do 500 µg/m³*dobę. W wariantcie 2 obszary te są dość mocno zróżnicowane i występują na obszarze województwa małopolskiego, świętokrzyskiego, południowej części województwa mazowieckiego oraz województwa lubelskiego, podkarpackiego i części województwa podlaskiego.

Większe różnice dla roku 2016 występują w wariantcie 2 w województwach kujawsko-pomorskim, wielkopolskim, pomorskim, lubuskim i dolnośląskim. Zwiększa się również obszar, gdzie indeks SOMO35 był wyższy w 2017 roku głównie w województwach małopolskim i podkarpackim, a także lubelskim.

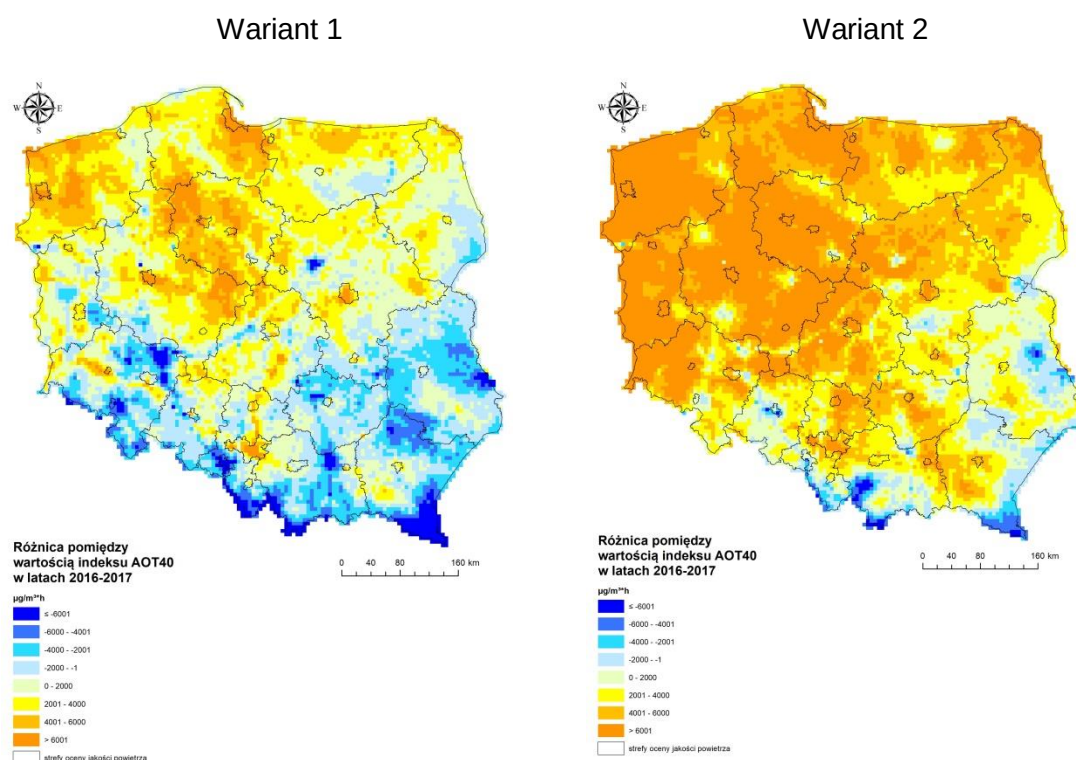
Obraz wysokości stężeń ozonu w latach 2016-2017 jest spójny we wszystkich analizach wskazując jednoznacznie na wyższe stężenia ozonu w 2016 roku.



Rysunek 257. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako indeks SOMO35 w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

Dodatkowym parametrem poddanym analizie porównawczej ze względu na ochronę roślin był indeks AOT40 odniesiony do celu długoterminowego dla danego roku. Oba warianty analizy dla skali rozdzielczości 5 km x 5 km wskazują na znaczne różnice dla obu lat. W wariantcie 1 indeks AOT40 jest znacznie wyższy w 2016 roku tylko w województwach zachodniopomorskim, kujawsko-pomorskim i pomorskim, gdzie różnice sięgają 6 000 µg/m³*h. Znacznie większe są obszary, gdzie różnice pomiędzy wartościami w obu latach nie są znaczące i nie przekraczają wartości 2 000 µg/m³*h.

Wartości indeksu AOT40 dla roku 2017 przewyższają wartości z 2016 roku w województwach południowych: dolnośląskim, opolskim, śląskim, małopolskim, podkarpackim i lubelskim, a także świętokrzyskim. W wariantcie 2 różnice te są znacznie bardziej dominujące dla roku 2016, gdzie praktycznie ponad 70% obszaru kraju wskazuje na wyższe wartości indeksu AOT40 dla 2016 aniżeli dla 2017 roku. Analizy przestrzenne zastosowane w wariantcie 2 w połączeniu z wynikami pomiarów znacznie zróżnicowały wartości AOT40 w stosunku do wariantu 1, co dało znaczne różnice międzyroczne. W wariantcie 2 obszar najwyższych różnic dla roku 2016 obejmuje cały obszar północny aż do województwa dolnośląskiego na zachodzie, województwa świętokrzyskiego w centrum kraju i województwa podlaskiego na wschodzie kraju.

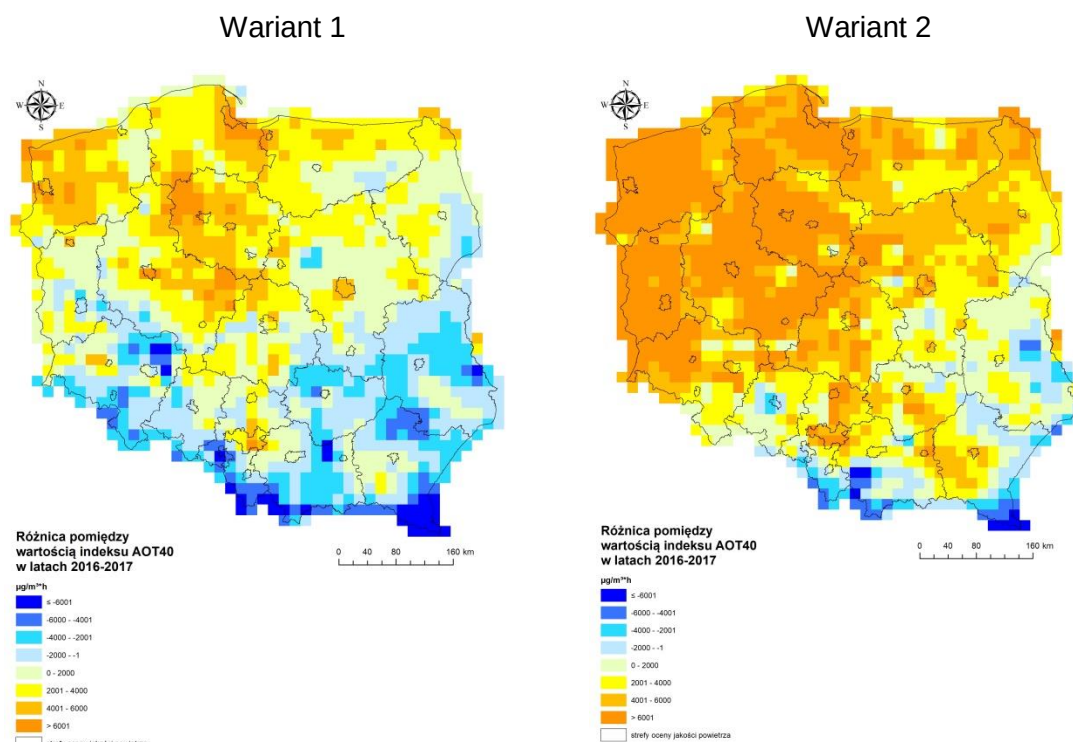


Rysunek 258. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony roślin jako indeks AOT40 w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 5 km x 5 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

Zmiana w rozdzielczości wyników z siatki 5 km x 5 km na 15 km x 15 km nie zmieniła zasadniczo obszaru występowanie różnic w wartości indeksu AOT40 i nadal w wariantcie 1 obszar ten jest znacznie mniejszy niż w wariantcie 2. Wariant 2 zastosowany dla 2016 roku znacznie zmienia obszar występowania przekroczeń poziomu celu długoterminowego, podobnie jak wariant 2 zastosowany w 2017 roku. Wysokość indeksu AOT40 w 2017 roku jest znacznie niższa w wariantcie 2 aniżeli w wariantcie 1. Wartości indeksu AOT40 w 2017 roku w województwach północnych osiągają wartości do 4 000 µg/m³·h, gdzie na tym samym obszarze w 2016 roku w wariantcie 2 analizy wartości osiągają wartość nawet powyżej 12 000 µg/m³·h.

Wartości indeksu AOT40 w 2017 roku w wariantcie 2 sięgają tylko 18 700 µg/m³·h, natomiast w 2016 roku wartości te dochodzą maksymalnie nawet do 25 000 µg/m³·h. Z tego właśnie wynikają największe różnice dla obu lat analizy.

Wielkości indeksu rocznego AOT40 wpływają również w znaczący sposób na osiągnięte wartości AOT40 dla poziomu docelowego odniesionego do średniej z lat 2013-2017.



Rysunek 259. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony roślin jako indeks AOT40 w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).

Analiza porównawcza wskaźników dla ozonu w odniesieniu do lat 2016-2017 wskazuje na występowanie różnic w wartościach dla obu okresów głównie w północnych obszarach kraju, gdzie praktycznie wszystkie parametry były wyższe w 2016 roku oraz w województwach południowych, gdzie większość parametrów była większa w 2017 roku. Świadczy to o wpływie odmiennych warunków meteorologicznych w obu okresach na wysokość stężeń ozonu na obszarze kraju, które nawet w wariacie 2 analizy oceny jakości powietrza mają swoje odzwierciedlenie w wynikach. Rok 2016 był bardziej niekorzystny pod względem również wielkości obszaru przekroczeń w porównaniu do roku 2017.

9. Podsumowanie oceny

Raport stanowi podsumowanie wyników rocznej oceny jakości powietrza w zakresie ozonu troposferycznego dla roku 2017, w ramach projektu „Wspomaganie systemu ocen jakości powietrza z użyciem modelowania w zakresie ozonu troposferycznego dla lat 2016-2018” zgodnie z wymogami określonymi w zadaniach:

- Zadanie 1. Opracowanie danych oraz wykonanie map rozkładów stężeń ozonu dla roku 2017 z użyciem modelowania. W ramach tego zadania wymagane było

przygotowanie raportu cząstkowego na potrzeby wojewódzkich ocen jakości powietrza oraz przygotowanie niniejszego raportu na potrzeby krajowej oceny rocznej.

Roczna ocena jakości powietrza w zakresie ozonu troposferycznego dla roku 2017 została wykonana w oparciu o wyniki uzyskane w dwóch wariantach:

- Wariant I - wynik z wykorzystaniem wyłączenie procesu modelowania stężeń ozonu, do którego został użyty model CAMx,
- Wariant II - wynik z wykorzystaniem metody łączenia wyników modelowania stężeń ozonu z wariantu I z wynikami pomiarów uzyskanymi w ramach sieci PMŚ.

W ramach Zadania wykonane zostało modelowanie jakości powietrza w zakresie ozonu troposferycznego oraz zastosowane zostały analizy przestrzenne pozwalające na zobrazowanie wyników rozkładu stężeń i wskaźników dla ozonu dla obszaru całego kraju oraz każdego województwa oddzielnie. Modelowanie wykonane zostało w dwóch domenach: 15 km x 15 km dla skali kraju oraz 5 km x 5 km dla skali kraju i województw. Wynikiem przeprowadzonych procesów były:

- mapy rozkładu stężeń ozonu i wskaźników dla ozonu dla roku 2017 dla każdego województwa oraz dla kraju,
- warstwy informacji przestrzennej z wynikami oceny w dwóch wariantach analiz,
- raport cząstkowy zawierający analizy rozkładu stężeń i wskaźników dla ozonu dla każdego województwa, analizę sprawdzalności modelowania, analizy obszarów przekroczeń wartości normowanych oraz liczby narażonej ludności na ponadnormatywne stężenia ozonu oraz wskazanie danych wykorzystanych do wykonania zadania.

Wyniki zostały przekazane WIOŚ w celu analizy i wykorzystania w rocznych ocenach jakości powietrza. Dodatkowo przeprowadzone zostały konsultacje w zakresie przekazanych wyników oceny w wymiarze 32 godzin, w ramach których była możliwość skorzystania z konsultacji w formie elektronicznej, telefonicznej lub bezpośredniej. W ramach spotkań konsultacyjnych zorganizowanych w Warszawie i Opolu z przedstawicielami WIOŚ, przedstawione zostały wyniki modelowania i analiz na potrzeby rocznej oceny jakości powietrza, a także istniała możliwość bezpośredniego uzyskania wyjaśnień. W załączniku nr 1 znajduje się sprawozdanie z przeprowadzonych konsultacji listą zgłaszanych uwag.

Niniejszy raport stanowi podsumowanie wyników rocznej oceny jakości powietrza w zakresie ozonu troposferycznego, w ramach którego przedstawione zostały wyniki w dwóch wariantach analiz dla całego kraju z opisem występowania obszarów przekroczeń wartości normowanych. Wyniki analiz wskazują na występowanie przekroczeń zarówno poziomu docelowego jak i poziomu celu długoterminowego dla analizowanych wskaźników dla ozonu.

Największe obszary przekroczeń wartości normowanych występują w zakresie:

- poziomu celu długoterminowego dla kryterium ochrony zdrowia jako liczby dni z przekroczeniem wartości $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przez maksimum ze średnich 8-godzinnych kroczących dla ozonu,
- poziomu celu długoterminowego dla kryterium ochrony roślin wyrażonego jako wskaźnik AOT40 dla okresu wegetacji. Obszar przekroczeń występuje praktycznie na obszarze całego kraju.

W ramach niniejszego raportu została również wykonana szeroka analiza występowania epizodów wysokich stężeń ozonu przekraczających wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przez 8 godzin na stacjach monitoringu jakości powietrza. Analizy dla roku 2017 wykazały występowanie epizodów wysokich stężeń ozonu przez 33 dni w roku, przy czym niektóre epizody trwały kilka dni. Część epizodów miała charakter regionalny (4 epizody), natomiast większość epizodów miała charakter lokalny. Przeanalizowano wpływ warunków meteorologicznych na występowanie epizodów, a także udziały źródeł emisji krajowych i transgranicznych na występowanie wysokich stężeń ozonu.

Dodatkowym elementem obecnego raportu była analiza porównawcza różnic w latach 2016-2017 w wysokości parametrów takich jak: liczba dni z maksimum dobowym z 8h kroczących ozonu przekraczającym wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, percentyl 93,15 stężeń ozonu, indeks SOMO35 oraz indeks AOT40 wyliczany ze względu na ochronę roślin. Wykonane mapy różnicowe wymienionych parametrów ozonu wskazują na wyższe wartości stężeń ozonu w 2016 roku, aniżeli w 2017, na co miały bardzo znaczący wpływ warunki meteorologiczne występujące w obu okresach. Obszary przekroczeń poziomu celu długoterminowego były większe w 2016 roku nawet o 24% (AOT w wariancie 2), co świadczy o lepszej jakości powietrza w 2017 roku i mniejszym narażeniu ludności na oddziaływanie wysokości stężeń ozonu oraz ochronę roślin w trakcie wegetacji.

SPIS TABEL

Tabela 1. Parametry domen obliczeniowych modelu WRF i modelu CAMx.	13
Tabela 2. Obszary przekroczeń poziomu docelowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jako średnia dla lat 2015-2017 (źródło: wyniki modelowania CAMx oraz analiz statystycznych)	37
Tabela 3. Obszary przekroczeń poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w 2017 (źródło: wyniki modelowania CAMx oraz analiz statystycznych)	37
Tabela 4. Obszary przekroczeń poziomu docelowego jako indeksu AOT40 określonego w celu ochrony roślin uśrednione dla lat 2013-2017 (źródło: wyniki modelowania CAMx oraz analiz statystycznych)	40
Tabela 5. Obszary przekroczeń poziomu celu długoterminowego jako indeksu AOT40 określonego w celu ochrony roślin w 2017 roku (źródło: wyniki modelowania CAMx oraz analiz statystycznych)	40
Tabela 6. Zestawienie analizy statystycznej wyników serii czasowych z modelowania stężeń ozonu troposferycznego w siatce $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ oraz $15 \times 15 \text{ km}$ dla obszaru Polski w 2017 r oraz wyników pomiarów.	50
Tabela 7. Zestawienie analizy statystycznej porównania wyników modelowania z siatki $5 \times 5 \text{ km}$ oraz wyników pomiarów dla ozonu w 2017 r.	55
Tabela 8. Zestawienie analizy statystycznej wyników serii czasowych stężeń dwutlenku azotu z modelowania w siatce $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ oraz $15 \times 15 \text{ km}$ dla obszaru Polski w 2017 r. oraz wyników pomiarów.	60
Tabela 9. Zestawienie analizy statystycznej wyników serii czasowych stężeń dwutlenku azotu z modelowania w siatce $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ oraz 15×15 dla obszaru Polski w 2017 r.	62
Tabela 10. Epizody wysokich stężeń ozonu w 2017 roku	71
Tabela 11. Porównanie obszarów przekroczeń I liczy narażonej ludności na stężenia ozonu w latach 2016 - 2017 (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017)	240
Tabela 12. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego ze względu na ochronę roślin jako wskaźnika AOT40 dla ozonu w latach 2016-2017 (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	241

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Siatka modelu CAMx o rozdzielczości 15 km dla obszaru Europy środkowej.	11
Rysunek 2. Siatka modelu CAMx o rozdzielczości 5 km dla obszaru kraju.	12
Rysunek 3. Liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich kroczących przekroczyła wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski w 2017 roku - WARIANT 1 (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx.)	22
Rysunek 4. Liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich kroczących przekroczyła wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski w 2017 roku - WARIANT II (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx.)	23
Rysunek 5. Liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich kroczących przekroczyła wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski z okresu 2015-2017 - WARIANT I w siatce $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ i $15 \text{ km} \times 15 \text{ km}$ (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx.)	24
Rysunek 6. Liczba dni w ciągu roku, w których maksymalna wartość dobową stężeń ozonu z 8h średnich kroczących przekroczyła wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski z okresu 2015-2017 - WARIANT II w siatce $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ i $15 \text{ km} \times 15 \text{ km}$ (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych)	25
Rysunek 7. Liczba dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie 1 (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx.)	26
Rysunek 8. Liczba dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie II (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych)	27

Rysunek 9. Liczba dni w ciągu roku, w których 1h stężenie ozonu przekroczyło wartość $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie I i II. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych) ..	28
Rysunek 10. Percentyl 93,15 ze średnich 8h krocących ozonu dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie 1. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx).....	28
Rysunek 11. Percentyl 93,15 ze średnich 8h krocących ozonu dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie II. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych).....	29
Rysunek 12. Wskaźnik SOMO35 dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie I. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx).....	30
Rysunek 13. Wskaźnik SOMO35 dla obszaru Polski w 2017 roku dla wariantu II. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych).	31
Rysunek 14. Wskaźnik AOT40 dla upraw dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie I (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx).....	32
Rysunek 15. Wskaźnik AOT40 dla upraw dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie II (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych).	33
Rysunek 16. Wskaźnik AOT40 dla lasów dla obszaru Polski w 2017 roku w wariancie I i II w skali $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$	34
Rysunek 17. Wskaźnik AOT40 dla obszaru Polski uśredniony dla okresu 2013-2017 w wariancie 1. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx)	35
Rysunek 18. Wskaźnik AOT40 dla obszaru Polski uśredniony dla okresu 2013-2017 w wariancie II. (źródło: na podstawie wyników modelowania modelem CAMx oraz analiz przestrzennych).....	36
Rysunek 19. Liczba dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8h średnich krocących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w województwie dolnośląskim w 2017 r. w wariancie 1.	43
Rysunek 20. Liczba dni w ciągu roku, w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8h średnich krocących przekroczyło wartość $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w województwie dolnośląskim w 2017 r. w wariancie 2.	44
Rysunek 21. Rozkład wyników modelowania w skali $5 \times 5 \text{ km}$ i $15 \times 15 \text{ km}$ oraz wyników pomiarów dla wskaźnika AOT40 dla roku 2016	58
Rysunek 22. Rozkład wyników modelowania w skali $5 \times 5 \text{ km}$ i $15 \times 15 \text{ km}$ oraz wyników pomiarów dla wskaźnika SOMO35 dla roku 2017.....	59
Rysunek 23. Rozkład wyników modelowania w skali $5 \times 5 \text{ km}$ i $15 \times 15 \text{ km}$ oraz wyników pomiarów dla percentyla 93.15 ze stężeń maksymalnych 8-godzinnych krocących dla roku 2017.....	59
Rysunek 24. Rozrzut wartości z modelu CAMx w siatce $5 \times 5 \text{ km}$ oraz wartości pomiarowych dla dwutlenku azotu dla punktów stacji pomiarowych na terenie kraju w 2017 r.	65
Rysunek 25. Rozrzut wartości z modelu CAMx w siatce $15 \times 15 \text{ km}$ oraz wartości pomiarowych dla dwutlenku azotu dla punktów stacji pomiarowych na terenie kraju w 2017 r.	66
Rysunek 26. Sumaryczny raport porównania wyników modelowania w siatce $5 \times 5 \text{ km}$ modelu CAMx dla ozonu oraz wyników pomiarów ze stacji PMŚ (Źródło: DELTA TOOL).....	67
Rysunek 27. Sumaryczny raport porównania wyników modelowania w siatce $15 \times 15 \text{ km}$ modelu CAMx dla ozonu oraz wyników pomiarów ze stacji PMŚ (Źródło: DELTA TOOL).....	68
Rysunek 28. Sumaryczny raport porównania wyników modelowania w siatce $5 \times 5 \text{ km}$ modelu CAMx dla dwutlenku azotu oraz wyników pomiarów ze stacji PMŚ (Źródło: DELTA TOOL).	69
Rysunek 29. Sumaryczny raport porównania wyników modelowania w siatce $15 \times 15 \text{ km}$ modelu CAMx dla dwutlenku azotu oraz wyników pomiarów ze stacji PMŚ (Źródło: DELTA TOOL).	70
Rysunek 30. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 30 stycznia 2017 r. (źródło: Sat24.com)	73
Rysunek 31. Analiza synoptyczna w dniu 30.01.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).	73
Rysunek 32. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 30.01.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	74
Rysunek 33. Temperatura powietrza w dn. 30.01.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)... ..	74
Rysunek 34. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 30.01.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).	75
Rysunek 35. Prędkość wiatru w dn. 30.01.2017r.godz.12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).....	75
Rysunek 36. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 30 stycznia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).....	76

Rysunek 37. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 30.01.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	77
Rysunek 38. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.01.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	78
Rysunek 39. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.01.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	79
Rysunek 40. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniach 1-2 kwietnia 2017 r. (źródło: Sat24.com).....	80
Rysunek 41. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 01.04.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	81
Rysunek 42. Analiza synoptyczna w dniach 1-2.04.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	82
Rysunek 43. Temperatura powietrza w dn. 01-02.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	82
Rysunek 44. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 01-02.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	83
Rysunek 45. Prędkość wiatru w dn. 01-02.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.).....	83
Rysunek 46. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 01 i 02 kwietnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	84
Rysunek 47. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 01-02.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).	85
Rysunek 48. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 01.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	86
Rysunek 49. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 01.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	87
Rysunek 50. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 02.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	88
Rysunek 51. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 02.04.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	88
Rysunek 52. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 10 kwietnia 2017 r. (źródło: Sat24.com)	89
Rysunek 53. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 10.04.2017r. godz. 12:00. Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.	90
Rysunek 54. Analiza synoptyczna w dniu 10.04.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).	90
Rysunek 55. Temperatura powietrza w dn. 10.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)..	91
Rysunek 56. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 10.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	91
Rysunek 57. Prędkość wiatru w dn. 10.04.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.).....	92
Rysunek 58. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 10 kwietnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	93
Rysunek 59. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 10.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	93
Rysunek 60. Udział źródeł emisji krajowych w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 10.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).	94
Rysunek 61. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 10.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	95
Rysunek 62. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 25.04.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	96
Rysunek 63. Analiza synoptyczna w dniu 25.04.2017r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).	96
Rysunek 64. Temperatura powietrza w dn. 25.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)..	97
Rysunek 65. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 25.04.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	97
Rysunek 66. Prędkość wiatru w dn. 25.04.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.).....	98
Rysunek 67. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 25 kwietnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	99
Rysunek 68. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 25.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	99

Rysunek 69. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 25.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	100
Rysunek 70. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 25.04.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	101
Rysunek 71. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 18.05.2017r. godz. 12:00. Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.	102
Rysunek 72. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 18 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com).....	103
Rysunek 73. Analiza synoptyczna w dniu 18.05.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).	103
Rysunek 74. Analiza synoptyczna w dniu 19.05.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).	104
Rysunek 75. Temperatura powietrza w dn. 18-19.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)	104
Rysunek 76. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 18-19.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.....	105
Rysunek 77. Prędkość wiatru w dn. 18-19.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).....	106
Rysunek 78. Analiza synoptyczna w dniu 20.05.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	107
Rysunek 79. Temperatura powietrza w dn. 20.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	107
Rysunek 80. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 20.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).	108
Rysunek 81. Prędkość wiatru w dn. 20.05.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	108
Rysunek 82. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniach 18, 19 i 20 maja 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMS).....	110
Rysunek 83. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 18, 19 i 20.05.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	111
Rysunek 84. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 18.05.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	112
Rysunek 85. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 18.05.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	113
Rysunek 86. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 19.05.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	114
Rysunek 87. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 19.05.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	114
Rysunek 88. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.05.2017 r. godz. 13:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	115
Rysunek 89. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.05.2017 r. godz. 13:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	116
Rysunek 90. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 23 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com).....	117
Rysunek 91. Analiza synoptyczna w dniu 23.05.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	118
Rysunek 92. Temperatura powietrza w dn. 23.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne...	118
Rysunek 93. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 23.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).	119
Rysunek 94. Prędkość wiatru w dn. 23.05.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).....	119
Rysunek 95. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 23 maja 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMS).	120
Rysunek 96. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 23.05.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	120
Rysunek 97. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 23.05.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	122
Rysunek 98. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 23.05.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	122
Rysunek 99. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 29.05.2017 r. godz. 12:00. Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.	123
Rysunek 100. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 29 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com).....	124
Rysunek 101. Analiza synoptyczna w dniach 29-30.05.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	125

Rysunek 102. Temperatura powietrza w dn. 29-30.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	126
Rysunek 103. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 29-30.05.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)	126
Rysunek 104. Prędkość wiatru w dn. 29.05.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne	127
Rysunek 105. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 29-30 maja 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).....	128
Rysunek 106. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 29-30.05.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	128
Rysunek 107. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 29.05.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	130
Rysunek 108. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 29.05.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	130
Rysunek 109. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.05.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	131
Rysunek 110. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.05.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	132
Rysunek 111. Analiza synoptyczna w dniu 3.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	133
Rysunek 112. Analiza synoptyczna w dniu 4.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	134
Rysunek 113. Temperatura powietrza w dn. 03-04.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne	134
Rysunek 114. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 03-04.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.....	135
Rysunek 115. Prędkość wiatru w dn. 03.06.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	136
Rysunek 116. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 3 czerwca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).....	136
Rysunek 117. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 3 i 4.06.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	137
Rysunek 118. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 03.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	138
Rysunek 119. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 03.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	139
Rysunek 120. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 04.06.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	140
Rysunek 121. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 04.06.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	140
Rysunek 122. Analiza synoptyczna w dniu 20.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	141
Rysunek 123. Temperatura powietrza w dn. 20.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	142
Rysunek 124. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 20.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.....	142
Rysunek 125. Prędkość wiatru w dn. 20.06.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	143
Rysunek 126. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 20 czerwca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).....	144
Rysunek 127. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 20.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	144
Rysunek 128. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	145
Rysunek 129. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.06.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	146
Rysunek 130. Analiza synoptyczna w dniu 24.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	147
Rysunek 131. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 24 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com).....	147

Rysunek 132. Analiza synoptyczna w dniu 25.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	149
Rysunek 133. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 25 maja 2017 r. (źródło: Sat24.com).....	149
Rysunek 134. Temperatura powietrza w dn. 24-25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)	150
Rysunek 135. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 24-25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	150
Rysunek 136. Prędkość wiatru w dn. 24-25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne).....	151
Rysunek 137. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 24 i 25 czerwca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	152
Rysunek 138. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 24-25.06.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	152
Rysunek 139. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 24.06.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	153
Rysunek 140. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 24.06.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	154
Rysunek 141. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	155
Rysunek 142. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 25.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	155
Rysunek 143. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 28.06.2017 r. godz. 12:00. Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.	157
Rysunek 144. Analiza synoptyczna w dniu 28.06.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	157
Rysunek 145. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 28 czerwca 2017 r. (źródło: Sat24.com)	158
Rysunek 146. Temperatura powietrza w dn. 28.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	158
Rysunek 147. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 28.06.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	159
Rysunek 148. Prędkość wiatru w dn. 28.06.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.).....	159
Rysunek 149. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 28 czerwca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).....	160
Rysunek 150. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 28.06.2017 r. godz. 18:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	160
Rysunek 151. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 28.06.2017 r. godz. 18:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	162
Rysunek 152. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 28.06.2017 r. godz. 18:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	162
Rysunek 153. Analiza synoptyczna w dniu 9.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	163
Rysunek 154. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 9 lipca 2017 r. (źródło: Sat24.com)	164
Rysunek 155. Temperatura powietrza w dn. 09.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	164
Rysunek 156. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 09.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	165
Rysunek 157. Prędkość wiatru w dn. 09.07.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.).....	165
Rysunek 158. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 9 lipca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	166
Rysunek 159. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 09.07.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	166
Rysunek 160. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 09.07.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	168
Rysunek 161. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 09.07.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	168
Rysunek 162. Analiza synoptyczna w dniu 19.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	170

Rysunek 163. Analiza synoptyczna w dniu 20.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	170
Rysunek 164. Temperatura powietrza w dn. 19 i 20.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)	171
Rysunek 165. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 19 i 20.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	171
Rysunek 166. Prędkość wiatru w dn. 19 i 20.07.2017r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)	172
Rysunek 167. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 19 i 20 lipca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).....	173
Rysunek 168. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 19 i 20.07.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	173
Rysunek 169. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 19.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	175
Rysunek 170. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 19.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	175
Rysunek 171. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	176
Rysunek 172. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 20.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	177
Rysunek 173. Analiza synoptyczna w dniu 22.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	178
Rysunek 174. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 22 lipca 2017 r. (źródło: Sat24.com)	178
Rysunek 175. Temperatura powietrza w dn. 22.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	179
Rysunek 176. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 22.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	179
Rysunek 177. Prędkość wiatru w dn. 22.07.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	180
Rysunek 178. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 22 lipca 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	181
Rysunek 179. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 22.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	181
Rysunek 180. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 22.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	182
Rysunek 181. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 22.07.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	183
Rysunek 182. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 30.07.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.).....	184
Rysunek 183. Ciśnienie atmosferyczne w dn. 31.07.2017 r. godz. 12:00. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków.).....	185
Rysunek 184. Analiza synoptyczna w dniach 30 i 31.07.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków)	186
Rysunek 185. Analiza synoptyczna w dniu 1.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	187
Rysunek 186. Analiza synoptyczna w dniu 2.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	188
Rysunek 187. Analiza synoptyczna w dniu 3.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	188
Rysunek 188. Temperatura powietrza w dniach 30 i 31 lipca oraz 1-3 sierpnia 2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	189
Rysunek 189. Natężenie promieniowania słonecznego w dniach 30,31 lipca i 1-3 sierpnia 2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	191
Rysunek 190. Prędkość wiatru w dniach 30, 31 lipca, 1-3.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	192
Rysunek 191. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniach 30, 31 lipca, oraz 1,2, 3 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	194
Rysunek 192. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dniach 30, 31 lipca, 1-3.08.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).	195
Rysunek 193. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	196

Rysunek 194. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	197
Rysunek 195. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 31.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	198
Rysunek 196. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 31.07.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	198
Rysunek 197. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 01.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	199
Rysunek 198. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 01.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	200
Rysunek 199. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 02.08.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	201
Rysunek 200. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 02.08.2017 r. godz. 14:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	201
Rysunek 201. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 03.08.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	202
Rysunek 202. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 03.08.2017 r. godz. 15:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	203
Rysunek 203. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 5 sierpnia 2017 r. (źródło: Sat24.com).....	204
Rysunek 204. Analiza synoptyczna w dniu 5.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	204
Rysunek 205. Temperatura powietrza w dn. 05.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	205
Rysunek 206. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 05.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	205
Rysunek 207. Prędkość wiatru w dn. 05.08.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.).....	206
Rysunek 208. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 µg/m ³ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 5 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	206
Rysunek 209. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 05.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	207
Rysunek 210. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 05.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	208
Rysunek 211. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 05.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	208
Rysunek 212. Analiza synoptyczna w dniu 9.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	209
Rysunek 213. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 9 sierpnia 2017 r. (źródło: Sat24.com).....	210
Rysunek 214. Analiza synoptyczna w dniu 10.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	211
Rysunek 215. Temperatura powietrza w dn. 09.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	211
Rysunek 216. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 09.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.....	212
Rysunek 217. Prędkość wiatru w dn. 09.08.2017 r. godz. 12: 00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne)	212
Rysunek 218. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 µg/m ³ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 9-10 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	213
Rysunek 219. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 09-10.08.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	214
Rysunek 220. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 09.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	215
Rysunek 221. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 09.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	215
Rysunek 222. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 10.08.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	216
Rysunek 223. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 10.08.2017 r. godz. 17:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	217

Rysunek 224. Analiza synoptyczna w dniu 16.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	218
Rysunek 225. Zdjęcie satelitarne zachmurzenia w dniu 16 sierpnia 2017 r. (źródło: Sat24.com)	218
Rysunek 226. Temperatura powietrza w dn. 16.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	219
Rysunek 227. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 16.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	219
Rysunek 228. Prędkość wiatru w dn. 16.08.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	220
Rysunek 229. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 16 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	220
Rysunek 230. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 16.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	221
Rysunek 231. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 16.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	222
Rysunek 232. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 16.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	223
Rysunek 233. Analiza synoptyczna w dniu 18.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	224
Rysunek 234. Temperatura powietrza w dn. 18.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	225
Rysunek 235. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 18.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. (Źródło: opracowanie własne.)	225
Rysunek 236. Prędkość wiatru w dn. 18.08.2017r.godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.	226
Rysunek 237. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 18 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	226
Rysunek 238. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 18.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	227
Rysunek 239. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 18.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	228
Rysunek 240. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 18.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	229
Rysunek 241. Analiza synoptyczna w dniu 30.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	230
Rysunek 242. Analiza synoptyczna w dniu 31.08.2017 r. (Źródło: IMGW-PiB, CBPM Kraków).....	231
Rysunek 243. Temperatura powietrza w dn. 30-31.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne	231
Rysunek 244. Natężenie promieniowania słonecznego w dn. 30-31.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne.....	232
Rysunek 245. Prędkość wiatru w dn. 30-31.08.2017 r. godz. 12:00 wg modelu WRF. Źródło: opracowanie własne	232
Rysunek 246. Największy zasięg epizodu stężeń ozonu powyżej 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ występujący na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska w dniu 30 sierpnia 2017 r. (Źródło: wyniki pomiarów PMŚ).	233
Rysunek 247. Najwyższe stężenie ozonu wyznaczone z modelowania w dn. 30-31.08.2017 r. wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	234
Rysunek 248. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	235
Rysunek 249. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 30.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	236
Rysunek 250. Udział poszczególnych źródeł emisji w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 31.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	237
Rysunek 251. Udział napływu transgranicznego w formowaniu się stężeń ozonu w dn. 31.08.2017 r. godz. 16:00 wg modelu CAMx. (Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania dla 2017 roku).....	237
Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich krocących przekroczyło wartość 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w	

latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 5 km x 5 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	242
Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako liczba dni w których maksimum dobowe ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących przekroczyło wartość 120 µg/m ³ w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	243
Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako percentyl 93.15 ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 5 km x 5 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	244
Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako percentyl 93.15 ze stężeń ozonu 8 h średnich kroczących w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	245
Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako indeks SOMO35 w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 5 km x 5 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	246
Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony zdrowia jako indeks SOMO35 w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	247
Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony roślin jako indeks AOT40 w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 5 km x 5 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	248
Rysunek 252. Porównanie obszarów przekroczenia poziomu celu długoterminowego określonego w celu ochrony roślin jako indeks AOT40 w latach 2016-2017 - wariant 1 i 2 w siatce 15 km x 15 km (źródło: na podstawie wyników modelowania CAMx w latach 2016 i 2017).	249

