

## WARUNKI SYNOPTYCZNE PODCZAS WYSTĘPOWANIA WYSOKICH KONCENTRACJI PM10 W POZNANIU W LATACH 2010–2017

SEBASTIAN KENDZIERSKI, HANNA FORYCKA-ŁAWNICZAK

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,  
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,  
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

**Abstract:** The article presents examples of synoptic situations when the permissible concentration of PM10 was severely exceeded in 2010–2017 in Poznań. In many Polish cities, there are deviations from the norms for a number of days during the year. The scale of concentration of PM10 in the air is largely affected by the prevailing meteorological conditions such as low temperature and low wind speed. First, periods of the highest daily concentrations of pollutants were selected. Subsequently, synoptic maps for selected days were analysed. The most common cause of the pollution was a large boom which brought Arctic air to Poland. In this case, the highest concentration was accompanied by very low air temperatures and the resulting more intensive heating of buildings.

**Keywords:** air pollution, particulate matter, PM10, synoptic situation.

### WSTĘP

Problem przekroczenia dopuszczalnej koncentracji pyłu zawieszonego pojawia się każdego roku w sezonie jesienno-zimowym. Według normy dopuszczalnego stężenia zanieczyszczeń określonej w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy średnia dobowa wartość progowa pyłu zawieszonego PM10, która wynosi  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nie może zostać przekroczona więcej niż 35 razy w ciągu roku. W wielu miastach Polski występuje problem przekroczenia dopuszczalnych norm w ciągu roku. Wielkość koncentracji PM10 zawartego w powietrzu w dużej mierze kształtowana jest przez panujące warunki meteorologiczne. Wysokie stężenia PM10 wiążą się z temperaturą powietrza, prędkością wiatru, kierunkiem napływu mas powietrza i występowaniem opadów atmosferycznych (Czernecki i in. 2016; Drzeniecka i in. 2000; Leśniok i Caputa 2009; Caputa i in. 2009; Czarnecka i in. 2007; Rawicki 2014; Jędruskiewicz i in. 2016; Jędruskiewicz i in. 2017). Relacje między napływem mas powietrza a wielkością zanieczyszczeń omawiane były w wielu opracowaniach dla różnych obszarów Polski (Godłowska i Tomaszewska 2010), m.in. dla miast Górnego Śląska (Leśniok i Caputa 2009; Leśniok i in. 2010; Radomski 2008), Pomorza (Czarnecka

i Nidzgorzka-Lencewicz 2015; Lewandowska i Falkowska 2013) oraz centralnej Polski (Pilgaj i in. 2018; Pietruczuk i Jarosławski 2013; Skrzypski 1999).

Celem niniejszego artykułu jest analiza warunków synoptycznych sprzyjającej wysokiej koncentracji stężenia PM<sub>10</sub> w Poznaniu. W opracowaniu skupiono się na przypadkach wielodniowego przekroczenia dopuszczalnego dobowego stężenia pyłu zawieszonego w latach 2010–2017.

## DANE I METODY BADAŃ

Podstawę opracowania stanowią dane obserwacyjne dobowej koncentracji pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub>, udostępnione przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu. Wykorzystano dane ze stacji pomiarowych Polanka oraz Dąbrowskiego (Ogród Botaniczny). Posterunki pomiarowe monitorują zanieczyszczenie tła miejskiego. Stacja Polanka (52.39817500 N, 16.95951944 E, 67 m n.p.m.) zlokalizowana jest w południowo-wschodniej części miasta, w pobliżu zabudowy mieszkalnej. Otoczenie stacji stanowi zabudowa mieszkalna podłączona do sieci miejskiej CO. Stacja Dąbrowskiego zlokalizowana jest przy ul. Dąbrowskiego w Poznaniu (52.42031944 N, 16.87728889 E, 89 m n.p.m.), przy głównej arterii wyprowadzającej ruch uliczny na zachód z centrum miasta. W pobliżu znajduje się Ogród Botaniczny Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Dla scharakteryzowania występującej pogody posłużono się danymi pomiarowymi ze stacji meteorologicznej Poznań Ławica (WMO: 12330),

należącej do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) (ryc. 1).

W niniejszym opracowaniu dokonano analizy sytuacji synoptycznej występującej podczas pojawienia się wysokich koncentracji pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> w wybranych okresach w latach 2005–2017. Wykorzystano średnie dobowe wartości dla obydwu punktów pomiarowych. Dla przedstawienia sytuacji synoptycznej mającej wpływ na wysokie wartości PM<sub>10</sub> wykorzystano archiwalne mapy synoptyczne z serwisu *pogodynka.pl*, należącego do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego.



Ryc. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych (źródło: opracowanie własne)

Fig. 2. Localisation of measuring points (source: own work)

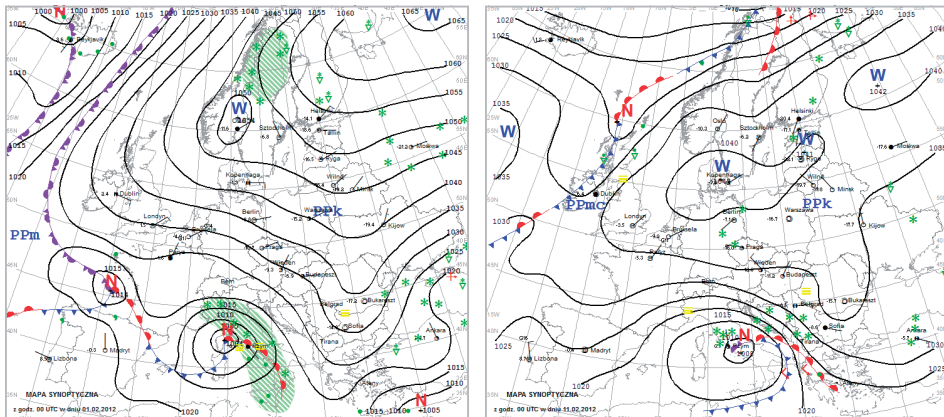
## WYNIKI BADAŃ

Na podstawie danych pomiarowych wybrano cztery okresy z kilkudniowym, znacznym przekroczeniem dopuszczalnego stężenia PM10 w Poznaniu. Poniższe okresy dotyczą najwyższych kilkudniowych stężeń PM10 uśrednione dla omawianych stacji pomiarowych.

26 styczeń–14 luty 2012 r.

W ponad dwutygodniowym okresie obserwowano znaczne przekroczenia dopuszczalnego stężenia PM10. Maksymalną dobową wartość zanotowano 12 lutego i wyniosła  $311 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (punkt Polanka).

Pogodę w tym czasie kształtował bardzo silny rosyjski wyż (centrum ponad 1065 hPa). Zimne powietrze docierające do obszaru Polski po południowych i południowo-wschodnich obrzeżach wyżu zaciągane było z rejonu Uralu Centralnego i Południowego. W kolejnych dniach doszło do połączenia wyżu rosyjskiego z Wyżem Azorskim. Zablokowana została strefowa cyrkulacja atmosfery, a nad środkową część kontynentu, po południowych i południowo-wschodnich obrzeżach wyżu, kierowane było zimne powietrze polarne o cechach kontynentalnych. Jego napływ wraz z wypromieniowaniem ciepła z podłoża doprowadził do dużych spadków temperatury. Najniższą zanotowaną temperaturą w tym okresie było  $-22,1^\circ\text{C}$  (12.02.2012). Oprócz temperatury istotny wpływ na wysoką koncentrację PM10 miała niewielka prędkość wiatru, nieprzekraczająca średnio 3 m/s.



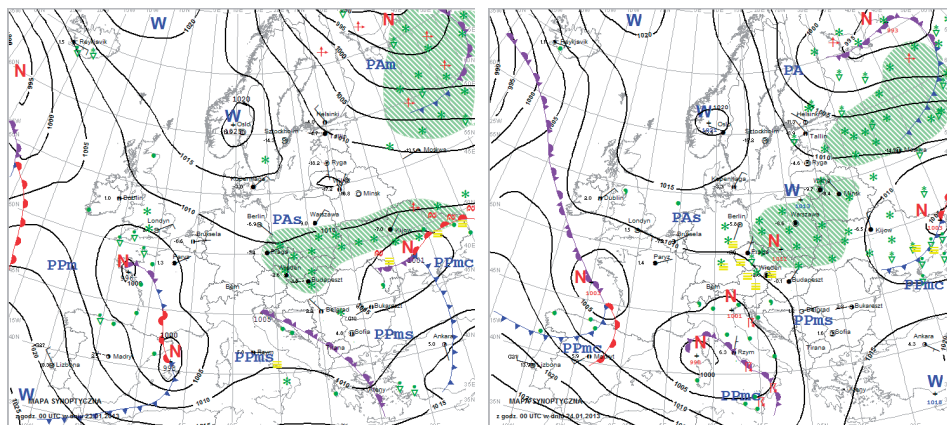
Ryc. 2. Sytuacja synoptyczna nad Europą w dniach 1.02.2012 r. (po lewej) i 11.02.2012 r. (po prawej) (źródło: <pogodynka.pl> – IMGW-PIB)

Fig. 2. The synoptic situation over Europe on 1.02.2012 (left) and 11.02.2012 (on the right). (source: <pogodynka.pl> – IMGW-PIB)

## 24 styczeń–28 styczeń 2013 r.

W tym czasie wystąpiły duże przekroczenia PM<sub>10</sub>. Maksymalną dobową wartość zanotowano 25 stycznia i wyniosła 136  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (punkt Polanka).

Obszar Polski był pod wpływem wyżu znajdującego się początkowo nad Skandynawią. Następnie znad wybrzeży Labradoru przemieścił się głęboki i zarazem rozległy niż. Przebudowa pola ciśnienia doprowadziła do napływu mas powietrza z północnego-zachodu oraz pojawienia się niskich chmur warstwowych. Do Polski docierała masa powietrza arktycznego. W omawianym okresie najniższe minimalne temperatury powietrza zanotowano 25 i 26 stycznia. Nocne spadki temperatur na poziomie  $-16^\circ\text{C}$  doprowadziły do imisji zanieczyszczeń komunalnych związanych z ogrzewaniem budynków, a w konsekwencji do znacznych przekroczeń dopuszczalnych stężeń PM<sub>10</sub>. Dodatkowo usuwanie zanieczyszczeń zostało ograniczone z uwagi na brak wiatru.



Ryc. 3. Sytuacja synoptyczna nad Europą w dniach 23.01.2013 r. (po lewej) i 24.01.2013 r. (po prawej) (źródło: <pogodynka.pl> – IMGW-PIB)

Fig. 3. The synoptic situation over Europe on 23/01/2013 (left) and 24/01/2013 (on the right) (source: <pogodynka.pl> – IMGW-PIB)

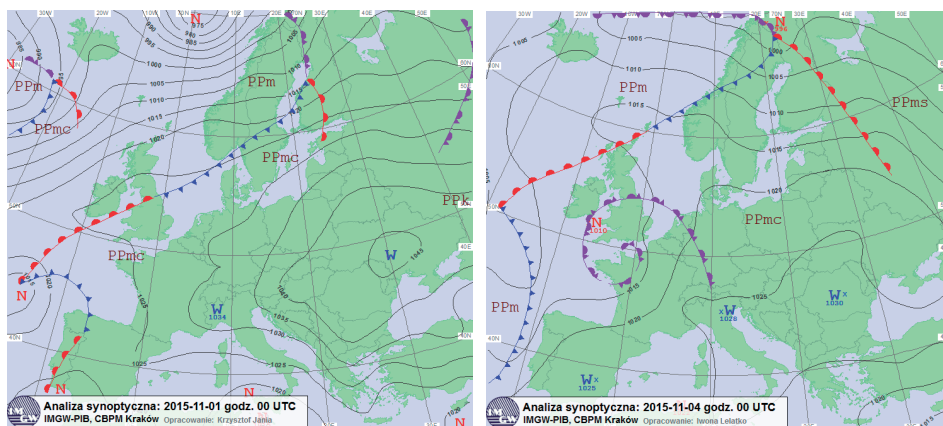
## 1 listopad–6 listopad 2015 r.

Maksymalną dobową wartość zanotowano 3 listopada, wyniosła 169  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (punkt Dąbrowskiego).

Obszar Polski był początkowo w zasięgu wyżu przemieszczającego się nad Morze Śródziemne. Stopniowo pole baryczne Europy przekształcało się w „układ omega” z dwoma niżami na jego skraju. Taka sytuacja doprowadziła do przenoszenia nad Polskę ciepłego powietrza z południowego zachodu i zachodu. W tym okresie wystąpiły wyjątkowo silne inwersje osiadania w tym obszarze.

W takiej sytuacji powstawały mgły, które sprzyjały koncentracji zanieczyszczeń, szczególnie pyłów zawieszonych. W kolejnych dniach zmniejszający się gradient ciśnienia oraz spadek prędkości wiatru sprzyjały dalszemu powstawaniu mgieł i zamglań. W Poznaniu zamglenia utrzymywały się przez wiele dni.

W połączeniu z temperaturami poniżej 0°C w ciągu nocy (w dzień temperatury oscylowały od 6°C do 15,6°C) doszło do wystąpienia przekroczeń norm koncentracji PM10.



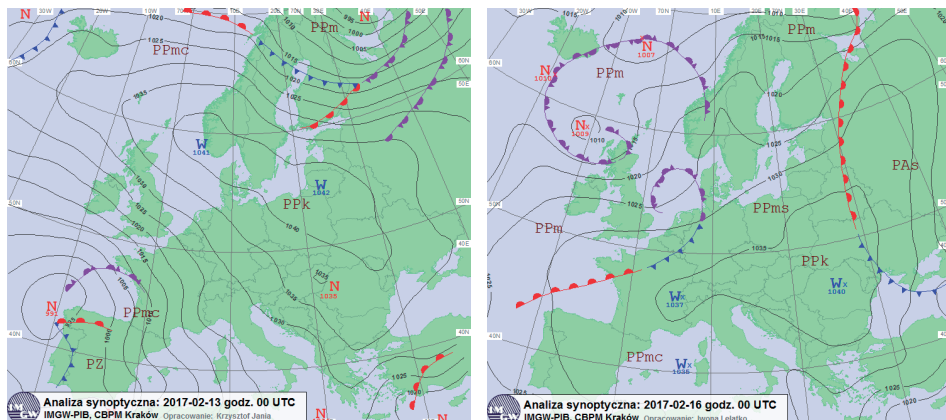
Ryc. 4. Sytuacja synoptyczna nad Europą w dniach 1.11.2015 r. (po lewej) i 4.11.2015 r. (po prawej) (źródło: <pogodynka.pl> – IMGW-PIB)

Fig. 4. The synoptic situation over Europe on 01/11/2015 (left) and 04/11/2015 (on the right) (source: <pogodynka.pl> – IMGW-PIB)

### 13 luty–17 luty 2017 r.

Maksymalną dobową wartość zanotowano 15 lutego – 218  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (punkt Ogród Botaniczny).

Europa była wówczas podzielona na dwie strefy: niskiego ciśnienia na południu kontynentu i wyższego ciśnienia na północy. Wyż zalegał od Islandii przez Morze Północne, Białoruś aż po Morze Czarne. Z drugiej strony nad Zatoką Biskajską niż transportował na zachód cieplejsze masy powietrza znad rejonu Morza Śródziemnego, zasobne w parę wodną i chmury. W omawianym okresie nad Polską występował rozległy wyż. Zalegająca masa powietrza polarno-morskiego ciepłego i wilgotnego doprowadziła do wystąpienia mgieł i niskich chmur Stratus. W ciągu doby wystąpiły duże amplitudy temperatury powietrza (w ciągu dnia do 8°C, w nocy do –8°C). Prędkość wiatru była niska (maksymalnie do 2 m/s). Połączenie takich wartości elementów meteorologicznych również doprowadziło do wystąpienia wysokich przekroczeń PM10 (ponad czterokrotne przekroczenie dopuszczalnych norm stężenia).



Ryc. 5. Sytuacja synoptyczna nad Europą w dniach 13.02.2017 r. (po lewej) i 16.02.2017 r. (po prawej) (źródło: <pogodynka.pl> – IMGW-PIB)

Fig. 5. The synoptic situation over Europe on 13/02/2017 (left) and 16/02/2017 (on the right). (source: <pogodynka.pl> – IMGW-PIB)

## PODSUMOWANIE

W poniższym artykule przedstawiono przykładowe sytuacje synoptyczne podczas występowania znacznych dopuszczalnych przekroczeń stężenia PM<sub>10</sub> w latach 2010–2017 w Poznaniu. Z przykładów sytuacji synoptycznych wynika jedynie ogólny schemat warunków meteorologicznych prowadzących do wystąpienia przekroczeń dopuszczalnych wartości PM<sub>10</sub>. Najczęstszą tego przyczyną było pojawienie się rozległego wyżu, który sprowadzał do Polski masy powietrza arktycznego. W tym przypadku najwyższe stężenia obserwowano w momencie wystąpienia bardzo niskich temperatur powietrza, którym towarzyszyło intensywniejsze ogrzewanie budynków. W kształtowaniu koncentracji zanieczyszczeń najważniejszą rolę odgrywa ich emisja, a także zdolność dyspersji w przygrunтовой warstwie powietrza wraz z występowaniem określonych warunków meteorologicznych, których wpływ był przedstawiany w licznych badaniach (Czernecki i in. 2016; Drzeniecka i in. 2000). Do tych warunków meteorologicznych należą niskie temperatury oraz małe prędkości wiatru, które utrudniają wywiewanie zanieczyszczeń poza obszar miejski. Drugą sytuacją prowadzącą do znacznych przekroczeń dopuszczalnego stężenia PM<sub>10</sub> było pojawienie się warstwy inwersyjnej i mgieł oraz zaleganie zanieczyszczeń w najniższej warstwie atmosfery. Tym sytuacjom towarzyszy zawsze bardzo niska prędkość wiatru, która jest decydującym elementem meteorologicznym wpływającym na wielkość zanieczyszczeń zawartych w powietrzu. Zostało to również potwierdzone w podobnych badaniach (Cembrzyńska i in. 2012; Majewski 2005; Bokwa 2012).

## LITERATURA

- Bokwa A., 2012, *Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 a sytuacje synoptyczne i warunki termiczne w Krakowie*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasza, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*, Katedra Klimatologii, WNZ UŚ, Sosnowiec, 275–286.
- Caputa Z.A., Lesniok M.R., Niedzwiedz T., Bil-Knozova G., 2009: *The influence of atmospheric circulation and cloudiness on the intensity of temperature inversions in Sosnowiec (Upper Silesia, Southern Poland)*, Internat. Journ. of Environ. and Waste Management, 4(1–2), 17–31.
- Cembrzyńska J., Krakowiak E., Brewczyński P.Z., 2012: *Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 oraz PM2, 5 w warunkach silnej antropopresji na przykładzie miasta Sosnowiec*, Med. Środ.-Environ. Med., 15(4), 31–38.
- Czarnecka M., Kalbarczyk R., Kalbarczyk E., 2007: *Variability in particulate matter concentrations versus precipitation in Pomerania region*, Pol. Journ. Natur. Sc., 22(4), 645–659.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J., 2015: *Application of cluster analysis in defining the meteorological conditions shaping the variability of PM10 concentration*, Roczn. Ochr. Środ., 17(1).
- Czernecki B., Pórolniczak M., Kolendowicz L., Marosz M., Kendziński S., Pilgaj N., 2016: *Influence of the atmospheric conditions on PM10 concentrations in Poznań, Poland*, Journ. of Atm Chem., 74(1), 115–139.
- Drzeniecka A., Pereyma J., Pyka J.L., Szczurek A., 2000: *Wpływ warunków meteorologicznych na stężenie zanieczyszczeń powietrza w Śródmieściu Wrocławia*, Chem. i Inż. Ekol., 7(8–9), 865–882.
- Godłowska J., Tomaszewska A.M., 2010: *Relations between circulation and winter air pollution in Polish urban areas*, Arch. of Environ. Protection, 36(4), 55–66.
- Jędruszkiewicz J., Czernecki B., Marosz M., 2017: *The variability of PM10 and PM2. 5 concentrations in selected Polish agglomerations: the role of meteorological conditions, 2006–2016*, Internat. Journ. of Environ. Health Res., 27(6), 441–462.
- Jędruszkiewicz J., Piotrowski P., Pietras B., 2016: *Koncentracja zanieczyszczeń pyłowych powietrza PM2, 5 w Krakowie w latach 2010–2014*, Act. Geograph. Lodziensia, 104, 123–135.
- Leśniok M.R., Caputa Z.A., 2009: *The role of atmospheric circulation in air pollution distribution in Katowice Region (Southern Poland)*, Internat. Journ. of Environ. and Waste Management, 4(1), 2.
- Leśniok M., Małarzewski Ł., Niedzwiedz T., 2010: *Classification of circulation types for Southern Poland with an application to air pollution concentration in Upper Silesia*, Phys. and Chem. of the Earth, Pts A/B/C, 35(9–12), 516–522.
- Lewandowska A.U., Falkowska L.M., 2013: *High concentration episodes of PM10 in the air over the urbanized coastal zone of the Baltic Sea (Gdynia–Poland)*, Atm Res., 120, 55–67.
- Majewski G., 2005: *Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 na Ursynowie i jego związek z warunkami meteorologicznymi*, Prz. Nauk., Ser. Inż. Kształt. Środ., 1(31), 210–223.
- Pietruczuk A., Jarosławski J., 2013: *Analysis of particulate matter concentrations in Mazovia region, central Poland, based on 2007–2010 data*, Act. Geoph., 61(2), 445–462.
- Pilgaj N., Kendziński S., Kolendowicz L., 2018: *Rola typów cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu stężeń pyłu zawieszonego PM10 w Poznaniu*, Przegl. Geogr., 90(1), 77–91.
- Radomski J., 2008: *Wpływ typów cyrkulacji na stężenie pyłu zawieszonego (PM10) w zimie na Wyżynie Śląskiej*, Probl. Ekol., 12, 207–210.
- Rawicki K., 2014: *Variability of particulate matter concentrations in Poland in the winter 2012/2013*, Fol. Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Agr., Alimentaria, Piscaria et Zootechnica, 31.
- Skrzypski J., 1999: *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu stopnia czystości powietrza napływającego nad aglomeracje miejsko-przemysłowe (na przykładzie Łodzi)*, Act. Univ. Lodzensis Fol. Geogr. Phys., 3, 1998.