

Martyna Sadura, Dominika Chybowska\*, Andrzej Żarczyński<sup>1</sup>

e-mail: 234185@edu.p.lodz.pl; dominika.chybowska@um.opoczno.pl; andrzej.zarczynski@p.lodz.pl

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

\*Gmina Opoczno – Urząd Miejski w Opocznie, Wydział Ochrony Środowiska

# Wybrany przykład występowania lokalnego smogu w mieście Opoczno

## Wstęp

Według ekspertów WHO co roku na świecie ponad 4 miliony osób umiera z powodu złej jakości powietrza [1]. W raporcie Air Quality in Europe 2021 Europejska Agencja Środowiska (EEA) przedstawiła dane dotyczące oceny emisji i stężeń zanieczyszczeń powietrza w Europie w latach 2019 i 2020 oraz ich relację względem unijnych norm jakości powietrza i nowych rekomendacji Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) [2]. Oszacowano, że w 2019 r. w 27 krajach członkowskich UE doszło do 307 000 przedwczesnych zgonów ludzi, w wyniku narażenia ich na drobny pył zawieszony (PM<sub>2,5</sub>). Liczby te odzwierciedlają rozmiar problemów klimatycznych, z jakimi mierzy się Europa. Pojawiła się też jedna dobra wiadomość w 2019 r., że skala przedwczesnych zgonów związanych z narażeniem na drobny pył zawieszony zmniejszyła się o 33% w porównaniu z rokiem 2005. Celem działań na rzecz tzw. zerowego zanieczyszczenia jest ograniczenie liczby przedwczesnych zgonów spowodowanych narażeniem na pył frakcji PM<sub>2,5</sub> o 55% do 2030 r. w porównaniu do 2005 r. [2].

Według raportów WHO poziom smogu w naszym kraju dwukrotnie przewyższa dopuszczalne normy. Stężenie toksycznych składników spalin i szkodliwego pyłu w powietrzu nie jest jednakowe we wszystkich miastach. Wpływa na nie wiele czynników, między innymi natężenie ruchu samochodowego, rodzaj i jakość opału spalanego w okolicznych domach, wciąż powszechne używanie przestarzałych pieców, sąsiedztwo dużych zakładów przemysłowych, a nawet ukształtowanie terenu i aktualna pogoda. Kiedy poziom zanieczyszczeń gazowych i pyłowych zawieszonych w powietrzu przekracza dopuszczalne normy, eksperci zalecają ograniczenie aktywności ludzi na zewnątrz zabudowań [2]. W tym kontekście bardzo ważny jest pomiar stężenia pyłów frakcji PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, zdefiniowanych poniżej.

PM<sub>10</sub> – to mieszanina zawieszonych w powietrzu cząstek o średnicy nie większej niż 10 µm. W skład tej frakcji pyłu mogą wchodzić takie zabsorbowane substancje toksyczne jak: benzopiren, dioksyny oraz furany. Występowanie pyłów PM<sub>10</sub> związane jest m.in. z procesami spalania paliw stałych i ciekłych [3].

PM<sub>2,5</sub> – aerozole atmosferyczne (pył zawieszony) o średnicy nie większej niż 2,5 µm, który zdaniem Światowej Organizacji Zdrowia jest najbardziej szkodliwy dla zdrowia człowieka spośród wszystkich zanieczyszczeń atmosferycznych.

Dłuższa ekspozycja na PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> może znacznie zwiększać ryzyko rozwoju chorób nowotworowych oraz uszkodzeń układu oddechowego.

PM<sub>1</sub> – to zdecydowanie najbardziej niebezpieczna frakcja pyłów zawieszonych, którego źródłem są głównie złej jakości paliwa. Wszystko to przez rozmiar ich cząsteczek, który jest mniejszy niż 1 µm. Dla takich drobin przeniknięcie do płuc, następnie do krwi, a z nią do innych narządów jest całkiem realne. Zalecenia w zakresie PM<sub>1</sub> nie mają mocy prawnej. Są raczej sugestiami opartymi na aktualnym stanie wiedzy o oddziaływaniu pyłów na organizm ludzki.

W połowie 2021 r. WHO opublikowała nowe rekomendowane normy dotyczące jakości powietrza. Najważniejszymi zmianami są te dotyczące maksymalnych stężeń pyłów zawieszonych PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>. Jedną z najważniejszych zmian jest bardziej restrykcyjny limit dopuszczalnego stężenia pyłów PM<sub>2,5</sub> uznanych za najbardziej szkodliwe dla zdrowia. Zgodnie z nowymi wytycznymi:

- maksymalne stężenie średnioroczne PM<sub>2,5</sub> nie powinno przekraczać 5 µg/m<sup>3</sup> (wcześniej było to 10 µg/m<sup>3</sup>);
- stężenie dobowe nie powinno zaś przekraczać 15 µg/m<sup>3</sup> (wcześniej było to 25 µg/m<sup>3</sup>).

Obniżono także maksymalne dopuszczalne stężenie pyłów PM<sub>10</sub> do wartości średniorocznego limitu 15 µg/m<sup>3</sup>, przy czym nowe wytyczne prezentują się następująco:

- maksymalne stężenie średnioroczne PM<sub>10</sub> nie powinno przekraczać 15 µg/m<sup>3</sup> (wcześniej było to 20 µg/m<sup>3</sup>);

<sup>1</sup> Autor do korespondencji.

Tabela 1. Wybrane normy jakości powietrza według WHO i polskich przepisów prawnych [1, 2, 5]

Wskaźnik zanieczyszczający	Okres czasu	Wytyczne WHO z 2005 r.	Wytyczne WHO z 2021 r.	Polskie normy jakości powietrza [5]
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	rok	10	5	20
	doba	25	15	–
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	rok	20	15	40
	doba	50	45	50
NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	rok	40	10	40
	doba	–	25	–
SO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	doba	20	40	125
CO [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	doba	–	4	–

- stężenie dobowe PM<sub>10</sub> nie powinno zaś przekraczać 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (wcześniej było to 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Normy jakości powietrza wg WHO dotyczą łącznie 6 zanieczyszczeń: oprócz pyłów zawieszonych PM także ditlenku azotu (NO<sub>2</sub>), ditlenku siarki (SO<sub>2</sub>), ozonu (O<sub>3</sub>) oraz tlenu węgla (CO). Zostały one przedstawione w tabeli 1. Główne wymogi jakości powietrza w Unii Europejskiej reguluje Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy [4], natomiast w Polsce przede wszystkim Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. 2021, poz. 845 [5].

### Metodyka pomiarów lokalnych stężeń pyłu w Opcznie

Opczno jest miastem powiatowym w województwie łódzkim, położonym nad rzeką Drzewiczką, na krańcu Wyżyny Przedborskiej. W przeszłości, tzw. Stare Opczno i Nowe Opczno były niegdyś miastami królewskimi Korony Królestwa Polskiego [6]. Obecnie Opczno jest całkiem atrakcyjnym turystycznie miastem, ale nie pozbawionym przemysłu, np. zakłady ceramiczne i szereg mniejszych. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) z 31 grudnia 2021 r. miasto liczyło 21 060 mieszkańców [7]. Jednak w ostatnich latach Opczno znalazło się wysoko na niechlubnej liście w raportach Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), pod względem zanieczyszczenia powietrza w Unii Europejskiej, np. w 2016 r. na szóstym miejscu, a w 2018 r. już na drugim, za bułgarskim miastem Vidim. Przykładowo w 2014 r. dopuszczalny średnioroczny poziom

rakotwórczego benzopirenu 1  $\text{ng}/\text{m}^3$ , został w Opcznie przekroczony niemal piętnastokrotnie, wyniósł bowiem 14,6  $\text{ng}/\text{m}^3$  [8].

Celem pracy było rozpoznanie poziomu zanieczyszczeń pyłowych w mieście Opczno w okresie od 15 października 2021 r. do 1 maja 2022 r., a także wstępna ocena zagrożenia z ich strony dla mieszkańców.

W ramach prac zmierzających do poprawy jakości powietrza w opisywanym mieście Urząd Miejski w Opcznie zakupił w ostatnich latach siedem czujników (stacji pomiarowych) jakości powietrza firmy „Syngeos”, z których siódmy zainstalowano w lipcu 2022 r. Czujniki te wraz z tablicami informacyjnymi zostały zamontowane na terenie wybranych instytucji lub obiektów o nazwach:

- Komenda Powiatowa Policji w Opcznie, ul. Aleja Dąbrówki 1;
- Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej, ul. Krótka 1;
- Przedszkole „Tygrysek”, ul. Partyzantów 65;
- Urząd Miejski, ul. Staromiejska 6;
- Zalew, ul. Wałowa;
- Zespół Szkół Prywatnych, ul. Partyzantów 1 A;
- Opczno, „Orlik”, ul. Kossaka 16.

Czujniki jakości powietrza – nazywane także czujnikami smogu, dostarczone przez firmę Syngeos (Katowice) są wysoce czułymi urządzeniami zapewniającymi bardzo dokładny pomiar jakości powietrza. Czujniki smogu skonstruowane są według koncepcji IoT (Internet of Things). Pomiar cząstek pyłu dokonywany jest przez czujnik powietrza metodą laserową. Zaawansowane technologicznie stacje pomiarowe w Opcznie rejestrują temperaturę, wilgotność powietrza, wartość ciśnienia atmosferycznego oraz stężenie cząsteczek pyłu frakcji: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> [9].

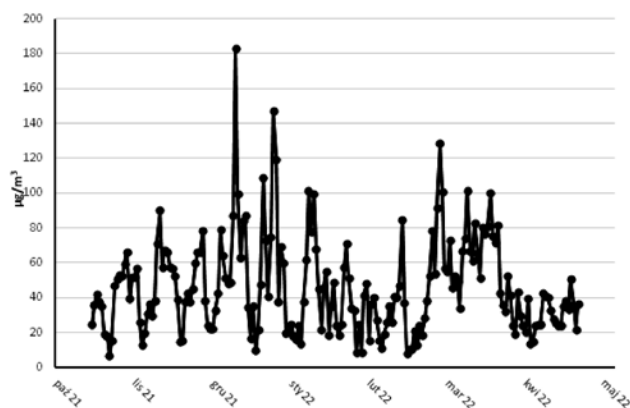


## Wyniki lokalnych pomiarów stężenia pyłu w Opocznie i ich dyskusja

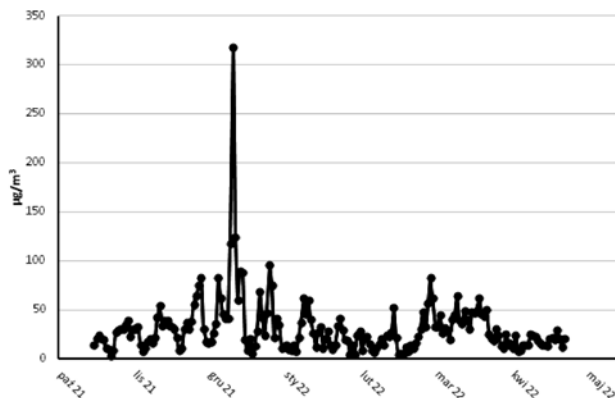
Za zgodą Wydziału Ochrony Środowiska w Urzędzie Miejskim w Opocznie, zostały udostępnione i przeanalizowane wyniki rejestracji stężeń pyłów: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> z sześciu czujników pomiarowych „Syngeos” rozmieszczonych w różnych częściach miasta Opoczno [10].

Realizując cel pracy na rys. 1-3 przedstawiono wyniki oznaczania stężeń pyłów frakcji PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> na terenie Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Opocznie w okresie 15.10.2021-01.05.2022 r. W wyniku wstępnej selekcji zarejestrowanych danych z sześciu stacji „Syngeos” stwierdzono, że najwyższe stężenia pyłu w okresie zimy przełomu lat 2021-2022 występowały właśnie na terenie tej instytucji [10, 11].

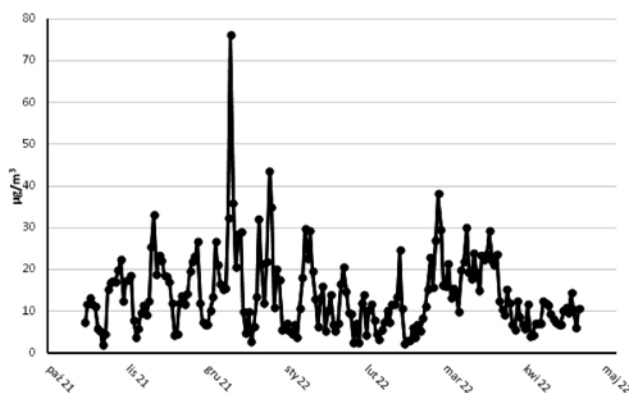
W Opocznie pracuje również stacja pomiarowa WIOŚ (Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Łodzi). Stacja umieszczona jest przy ulicy ul. Skłodowskiej-Curie 5 w Opocznie. Mieszkańcy mogą sprawdzać wynik pomiarowy zanieczyszczenia PM<sub>10</sub> oraz PM<sub>2,5</sub> codziennie na stronie GIOŚ. Na tej stronie również znajdują się raporty roczne na temat poziomu zanieczyszczeń powietrza województwa łódzkiego oraz jego poszczególnych obszarów [3].



Rys. 1. Wartość stężenia pyłu PM<sub>10</sub> w okresie od 15.10.2021 do 01.05.2022 r.



Rys. 2. Wartość stężenia PM<sub>2,5</sub> w okresie od 15.10.2021 do 01.05.2022 r.



Rys. 3. Wartość stężenia PM<sub>1</sub> w okresie od 15.10.2021 do 01.05.2022 r.

## Omówienie wyników badań jakości powietrza

Szczegółowa analiza wykresów danych z czujników wskazuje, że stan powietrza w mieście Opoczno jest zły [9, 10]. Widoczne jest, że od października 2021 r. do początku maja 2022 r. zarówno PM<sub>10</sub> jak PM<sub>2,5</sub> przekraczały dopuszczalne normy stężania w powietrzu [9, 10]. Następnie od maja do połowy października, stężenie tych pyłów spadało, co świadczy o poprawie jakości powietrza w mieście. Różnice w stężeniach wynikają z tego, że w miesiącach jesienno/zimowych mieszkańcy ogrzewają swoje domy na różne sposoby, bardzo często zwykłym węglem, jednak niekoniecznie dobrej jakości, zdarza się im także ogrzewać posesje innymi palnymi materiałami nawet z grupy odpadów komunalnych. Na złą jakość powietrza wpływa również fakt, że więcej osób w tych miesiącach korzysta z transportu własnym autem, gdyż pogoda nie sprzyja na przemieszczanie się rowerami, a komunikacja miejska jest dość słabo rozwinięta. W miesiącach wiosenno/letnich następuje poprawa jakości powietrza, na wykresach widoczny jest spadek poziomu stężeń pyłów, w wyniku wzrostu temperatury na dworze, przez co mieszkańcy przestają intensywnie ogrzewać swoje domostwa, a także wielu mieszkańców zaczyna korzystać z transportu rowerowego. Zauważamy także, że w zależności od umieszczenia stacji pomiarowej, stężenie pyłów jest różne, ponieważ czujniki umieszczone są w różnych częściach miasta, z różną specyfiką zabudowy, jedne są zainstalowane na osiedlach mieszkaniowych wśród zabudowy wielorodzinnej (bloki), inne w rejonie wyłącznie zabudowy jednorodzinnej. Również gęstość zabudowy w pobliżu czujników jest różna. W przypadku jednego czujnika jest to teren rekreacyjny z otwartą przestrzenią (zalew opoczyński).

Najwyższe stężenie PM<sub>10</sub> odnotowane zostało na stacji PGK, ul. Krótka 1 w połowie grudnia 2021 roku i wynosiło ono 182,99 µg/m<sup>3</sup> (Rys. 1), a norma dla tego rodzaju pyłu, według nowych wytycznych WHO na rok 2021, powinna

wynosić 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na dobę, co świadczy, że dopuszczalne stężenie dla tego pyłu zostało przekroczone 4-krotnie. Wyniki zawarte w raporcie GIOŚ za rok 2021 również wskazują, że w Opocznie zostały przekroczone dopuszczalne normy pyłu PM10 [3].

Najwyższe stężenie PM2,5 odnotowano na stacji PGK (Rys. 2) również w połowie grudnia 2022 o wartości 317,86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a dopuszczalna norma według nowych wytycznych WHO na rok 2021 wynosi 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , co znaczy, że dopuszczalna norma została przekroczona o ponad 21 razy.

### Podsumowanie

Podsumowując, miasto Opoczno chociaż nie jest miastem przemysłowym ani zamieszkałym przez dużą liczbę mieszkańców, w porównaniu do np. miasta Łodzi, to jednak wykazuje zły stan jakości powietrza. W miesiącach zimowych mieszkańcy obserwują brak przejrzystości powietrza, wyraźny, unoszący się mglisty smog oraz w wielu miejscach wyczuwają zapach spalenizny. Przekroczenie od kilku do nawet ponad dwudziestu razy norm dla każdego z mierzonych za pomocą czujników pomiarowych „Syngeos” trzech rodzajów pyłów, ma wpływ na stan zdrowia mieszkańców i jakość ich życia. Mieszkańcy miasta Opoczno są znacznie bardziej – niż innych polskich miast – narażeni na rozwój nowotworów dróg oddechowych, małe dzieci na wystąpienie astmy oraz alergii, natomiast kobiety w ciąży na zaburzenia przebiegu ciąży i uszkodzenia płodu.

### Podziękowanie

Autorzy pracy uprzejmie dziękują Wydziałowi Ochrony Środowiska w Urzędzie Miejskim w Opocznie, za udostępnienie do opublikowania wyników pomiarów poziomu zanieczyszczeń z sześciu czujników „Syngeos”, zlokalizowanych na terenie miasta Opoczno.

### Elżbieta Kuśmierk

e-mail: elzbieta.kusmierk@p.lodz.pl

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

## XIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

Tegoroczna Sesja Magistrantów i Doktorantów odbyła się 24 czerwca 2022 r. w nowym budynku Wydziału Chemicznego – Alchemium. Sesja była zorganizowana przez Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej przy współudziale

### Literatura

[1] Air quality in Europe 2021. Report No. 15, 2021, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/air-quality-in-europe-2021>, 30.12.2022.

[2] Portal Ranking oczyszczaczy.pl, Pyły zawieszane PM2.5 i PM10 w powietrzu. Normy w 2021 roku, <https://ranking-oczyszczaczy.pl/poradnik-czystego-powietrza/normy-who/>, 30.12.2022.

[3] Wachowiec A., Olczyk B., Galińska W., 2022, Roczna ocena jakości powietrza w województwie łódzkim. Raport wojewódzki za rok 2021, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Łódź, file:///C:/Users/Andrzej/Downloads/Roczna%20ocena%20jako%20ci%20powietrza%20w%20wojew%20C3%B3dztwie%20C3%B3dskim.%20Raport%20wojew%20C3%B3dki%20za%20rok%202021-1.pdf, 30.12.2022.

[4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, OJ L 152, 11.6.2008, p. 1-44

[5] Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. 2021, poz. 845.

[6] Portal Wikipedia, Opoczno, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Opoczno>, 30.12.2022.

[7] Baza Demografia, Główny Urząd Statystyczny, demografia.stat.gov.pl, 30.08.2022.

[8] Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim w 2014 r. WIOŚ w Łodzi, [http://www.wios.lodz.pl/Raport\\_o\\_stanie\\_srodowiska\\_w\\_województwie\\_lodzkiem\\_w\\_2014\\_r](http://www.wios.lodz.pl/Raport_o_stanie_srodowiska_w_województwie_lodzkiem_w_2014_r), 30.12.2022.

[9] Portal firmy Syngeos – Global Innovative Solutions, Czujniki jakości powietrza, <https://syngeos.pl/czujniki-jakosci-powietrza/>, 30.12.2022.

[10] Wyniki analizy zawartości pyłów w powietrzu miasta Opoczno uzyskane przez sześć stacji Syngeos, Wydział Ochrony Środowiska, Urząd Miejski w Opocznie.

[11] Sadura M., 2022, Zagrożenia występowaniem smogu – ocena jakości powietrza w mieście Opoczno na podstawie analizy lokalnego monitoringu powietrza, Projekt zaliczeniowy z przedmiotu Projekt specjalizacyjny A, Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, kierunek: Chemia, specjalność: Kontrola jakości w chemii, sem. VI. ●

Oddziału Łódzkiego Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Po raz pierwszy po okresie pandemii, Sesja odbyła się w pełnym kontakcie i zgromadziła 50 uczestników (magistrantów i doktorantów) oraz naukowców – przedstawiciele szkół

