

**Grzegorz MAJEWSKI**

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW  
Zakład Meteorologii i Klimatologii  
Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU  
Division of Meteorology and Climatology

## **Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 na Ursynowie i jego związek z warunkami meteorologicznymi** **The particulate matter PM10 air pollution in Ursynów and its correlation with meteorological conditions**

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenia powietrza, zapylenie, wiatr  
**Key words:** air pollution, PM10, wind

### **Wprowadzenie**

Zanieczyszczeniem powszechnie występującym szczególnie w miastach i przekraczającym wartości stężeń dopuszczalnych jest pył zawieszony PM10 (frakcje pyłu zawieszonego, której cząstki mają średnice mniejsze od 10  $\mu\text{m}$ ). Zanieczyszczenie to ciągle stanowi istotny, nierozwiązany problem w większości krajów w Europie.

Pył zawieszony jest ogólnym terminem używanym dla zanieczyszczeń powietrza, składających się ze złożonych i różnorodnych mieszanin cząstek zawieszonych w powietrzu. Mogą one przyjmować postać od submikrocząstkowych aerozoli do widocznych cząstek pyłów. Niektóre z nich pochodzą ze

źródeł naturalnych, inne zaś powstają w wyniku działalności człowieka. Mimo wyraźnego spadku krajowej emisji w wielu miejscach przekraczane są nadal dopuszczalne stężenia pyłu zawieszonego. Zapylenie powietrza w wielu miastach polskich determinowane jest bowiem przez emisję z tzw. niskich źródeł sektora komunalno-bytowego. Duże znaczenie ma także stan czystości polskich miast. Zakurzone i rzadko sprzątane ulice są poważnym źródłem wtórnej emisji nieorganizowanej, potęgowanej przez wzmożony ruch pojazdów. Obecnie zainteresowanie skupia się na zanieczyszczeniach pyłowych o średnicy poniżej 10  $\mu\text{m}$  (PM10) lub poniżej 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2.5) (Stern i in. 1994, Quarg 1996). W prawodawstwie UE planowane jest wprowadzenie obowiązku kontrolowania zawartości bardzo drobnych frakcji pyłu w powietrzu (obecnie PM2.5). Należy

się zatem liczyć z potrzebą rozszerzenia w przyszłości zakresu pomiarów stężeń PM<sub>2.5</sub> w powietrzu w Polsce.

Pył o rozmiarach większych niż 10 µm opada stosunkowo szybko grawitacyjnie. Mniejsze cząstki mogą się utrzymywać w powietrzu przez dłuższy czas (10–20 godzin). Zdarza się, że cząstki pyłu zawieszonego przemieszczają się na bardzo dalekie odległości. Stwierdzono, że cząstki (0,1–1 µm) mogą przemieszczać się nawet kilka tysięcy kilometrów (Quarg 1996). Koncentrowanie się na tych typach zanieczyszczeń pyłowych wynika z obawy o ich negatywny wpływ na zdrowie ludzkie. Badania przeprowadzone w ostatnim dziesięcioleciu w USA i w Europie Zachodniej wykazały, że z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego cząstkami pyłu jest związany wzrost zachorowalności oraz śmiertelności. Badania toksykologiczne wykazały ponadto niekorzystny wpływ inhalacji pyłu na zdrowie ludzi narażonych na stężenia, które zgodnie z obowiązującymi normatywami uważane są za bezpieczne. Wyniki te znalazły potwierdzenie w obserwowanym w ostatnich trzydziestu latach w USA i w Europie Zachodniej braku korelacji między znaczącą poprawą jakości środowiska a liczbą zachorowań na choroby, które można wiązać przyczynowo z narażeniem na pył. Powodem takiego stanu rzeczy jest fakt, że pomimo obserwowanej, na skutek znaczącej redukcji emisji ze źródeł przemysłowych, poprawy jakości powietrza na obszarze Europy (w tym także dużych miast w Polsce) zwiększyło się rzeczywiste narażenie na aerozol pyłowy. Jest to wynikiem lawinowo narastającego

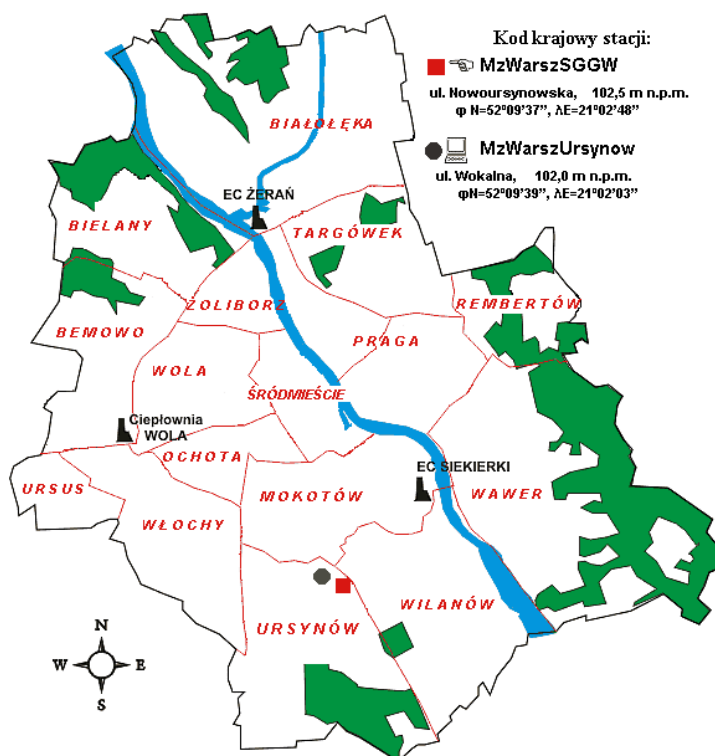
w ostatniej dekadzie ruchu pojazdów samochodowych. Wyniki kilku prac opublikowanych w ostatnich latach, a dotyczących zanieczyszczeń pyłowych, wskazują na związek między zamieszkaniem w pobliżu ruchliwych dróg a chorobami układu oddechowego; jest to wynikiem nie tylko podwyższonego stężenia pyłu zawieszonego (a zwłaszcza drobnych cząstek) w pobliżu ruchliwych ulic, ale także ich większą toksycznością. Wyniki badań przeprowadzone w Gliwicach, dotyczące oddziaływania ruchliwej ulicy na środowisko, wskazują, że średniodobowe stężenie PM<sub>10</sub> na analizowanej ulicy wzrasta o 40 µg·m<sup>-3</sup>, w stosunku do miejsc oddalonych od drogi o 100 m. Stwierdzono, że dla osób mieszkających przy tej ulicy implikuje to ryzyko około 10% wzrostu zachorowań na choroby układu oddechowego. Stwierdzono też, że zasięg oddziaływania emisji pyłu z pojazdów samochodowych przemieszczających się wzdłuż ulicy przekracza 100 m (Pastuszka i in. 2004).

Celem niniejszego opracowania jest analiza stężenia pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> w dzielnicy Ursynów z lat 2002–2004 oraz próba powiązania zapylenia z warunkami meteorologicznymi.

Ursynów jest dzielnicą m.st. Warszawy położoną prawie w całości na Równinie Warszawskiej, wyniesionej 20–30 m powyżej lustra wody w Wiśle i obejmuje południowe rejony Warszawy (rys. 1). Dzielnica Ursynów zajmuje powierzchnię 44,6 km<sup>2</sup>, co stanowi 8,6% ogólnej powierzchni m.st. Warszawy i daje jej trzecie miejsce pod względem wielkości powierzchni w mieście. Większość osiedli tej dzielnicy

wybudowano na terenach użytkowanych rolniczo. We wschodniej części, zwanej “Ursynowem Wysokim”, w latach siedemdziesiątych rozpoczęto budowę osiedli – sypialni wielkiego miasta. Na zachodnią część dzielnicy składa się niewielki obszar handlowo-usługowo-przemysłowy oraz “Zielony Ursynów”, czyli ciąg dawnych wsi położonych wzdłuż ulicy Puławskiej. Tylko w części północno-zachodniej Ursynów łączy się ze zwartą zabudową śródmieścia Warszawy. Powstają nowe ulice, domy mieszkalne, obiekty handlowe i usługowe. “Zielony Ursynów” przekształca

się w dzielnicę willową. Ursynów liczy ponad 120 tysięcy mieszkańców, a gęstość zaludnienia w dzielnicy wynosi 2,7 tysięcy mieszkańców na 1 km<sup>2</sup>. Na obszarze dzielnicy znajdują się rezerwaty przyrody: “Las Natoliński”, “Skarpa Ursynowska” – stanowiąca główny element topograficzny kształtujący klimat lokalny omawianego rejonu, oraz “Las Kabacki im. Stefana Starzyńskiego” – największy o powierzchni ponad 900 ha kompleks leśny Warszawy. Stanowią one najistotniejszy przyrodniczy element południowego układu napowietrzającego stolicę.



RYSUNEK 1. Aglomeracja Warszawska – Stacje monitoringu jakości powietrza w Dzielnicy Ursynów, 2005

FIGURE 1. Urban agglomeration of Warsaw – The Air Pollution Monitoring Station in Ursynów, 2005

Na terenie dzielnicy Ursynów zlokalizowane są następujące zakłady przemysłowe lub obiekty wyposażone we własne kotłownie:

- Centrum Onkologii, ul. Roentgena – wyposażone w kotłownię olejowo-gazową,
- Warszawskie Zakłady Eksploatacji Kruszywa, ul. Karczunkowska – przesypania kruszywa, węzeł betoniarski,
- Midas Polska Sp. z o.o., ul. Romera – stacja obsługi samochodów,
- Volvo Auto Polska, ul. Puławska – stacja obsługi samochodów, kotłownia,
- Stacja Postojowa Metra, ul. Wilczy Dół – suszarka olejowa, kotłownia,
- PBM Południe S.A., ul. Łączyny – wytwórnia betonu,
- Zakłady Ceramiki Radiowej, ul. Kłobucka,
- Stolbud Sp. z o.o., ul. Kłobucka – wyrób stolarki budowlanej,
- Hipermarket Geant, ul. Puławska – kotłownia,
- Unikon-Beton, ul. Kłobucka – wytwórnia betonu,
- Hipermarket Tesco, al. KEN – kotłownia olejowo-gazowa,

Ulicami o największym natężeniu ruchu samochodowego na terenie dzielnicy są: Puławska, al. Komisji Edukacji Narodowej, Rosoła, Płaskowicka, Ciszewskiego, Roentgena, Poleczki. Obszary występowania niskiej emisji komunalno-bytowej to:

- tereny “Zielonego Ursynowa” wzdłuż ul. Puławskiej i granicy Lasu Kabackiego, od ul. Żoły do granicy miasta,
- po zachodniej stronie ul. Puławskiej – obszar wzdłuż ul. Krasnopolskiej,

Baletowej, Karczunkowskiej, Sarabandy, Farbiarskiej i Gawota,

- tereny wzdłuż Skarpy Ursynowskiej,
- tereny wzdłuż ul. Prawdziwka.

Dzielnica Ursynów jest jedną z trzech dzielnic Warszawy, dla których sporządzono program ochrony powietrza. Program został opracowany ze względu na stwierdzone przekroczenia poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM10 (Rozporządzenie Nr 62 Wojewody Mazowieckiego z dnia 8 grudnia 2003 r.)

## **Materiał i metoda**

Miejszem prowadzenia pomiarów jest stacja monitoringu powietrza atmosferycznego Ursynów SGGW w Warszawie (MzWarszSGGW), działającej w ramach sieci regionalnej województwa mazowieckiego, należąca do Zakładu Meteorologii i Klimatologii SGGW. Stężenie pyłu zawieszonego mierzono za pomocą średnioobjętościowego pobornika pyłu MVS6D firmy ATMOSERVICE, posiadającego certyfikat zgodności z normą CEN EN 12341 (Determination of the PM10 fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods), z głowicą separacyjną PM10 i PM2.5. Powietrze w ilości około  $2,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  zasysane jest w sposób ciągły i przechodzi przez filtr, który przed ekspozycją i po ekspozycji jest ważony. Stężenie pyłu otrzymuje się, dzieląc masę zatrzymanego na filtrze pyłu przez objętość zassanego powietrza, a wynik podaje się w  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Jest to metodyka pomiaru stężeń pyłu PM10 i PM2.5 zgodna z metodyką refe-

rencyjną. Uzyskane na podstawie tej metodyki wyniki mogą być wprost odnoszone do wartości kryterialnych (DzU nr 87, poz. 798 z 2002 r.). Do analizy wykorzystano obliczone średniodobowe stężenie pyłu zawieszonego PM10 oraz zespół średniodobowych danych meteorologicznych, tj. temperaturę powietrza, prędkość wiatru, kierunek wiatru (uzyskano na podstawie godzinnych wartości kierunku wiatru, obliczając częstości występowania kierunku wiatru; każdej dobie przypisano najczęściej występujący kierunek) oraz sumy dobowe opadu atmosferycznego. Z *Codziennego Biuletynu Synoptycznego*, opracowywanego w IMGW, zaczerpnięto informacje o rodzaju mas powietrza występujących w rejonie Warszawy. Wykorzystano również dane o rejestrowanych stężeniach pyłu zawieszonego na automatycznej stacji należącej do WIOŚ Warszawa Ursynów (MzWarszUrsynów), z bazy danych [www.wios.warszawa](http://www.wios.warszawa).

Dla rozpatrywanego okresu dokonano:

- obliczeń średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM10 i porównano je z średniodobowymi wartościami dopuszczalnymi ( $D_{24}$ ),
- obliczeń średniomiesięcznych i średniorocznych stężeń pyłu PM10 oraz stężeń dla półrocza ciepłego i chłodnego,

- analizy stężenia pyłu w zależności od kierunku wiatru, w celu powiązania zapylenia z warunkami meteorologicznymi,
- sporządzono zanieczyszczeniowe róże wiatrów dla roku oraz półroczy ciepłego i chłodnego (2004 r.),
- analizy dwu- i trzywymiarowej róży wiatrów dla okresu grzewczego 2003/2004,
- porównania udziału różnych mas powietrza w grupach stężeń przekraczających wartość dopuszczalną  $D_{24}$  ( $\geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) i poniżej wartości dopuszczalnej ( $< 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) dla okresu grzewczego 2003/2004.

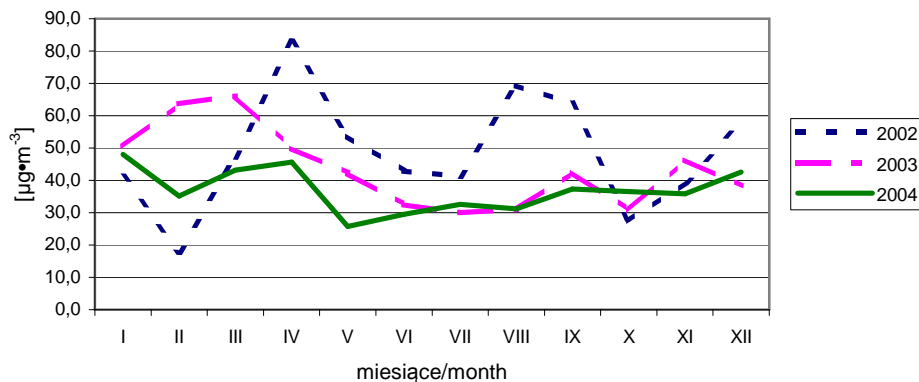
## Wyniki badań

Ogólną charakterystykę zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM10 na Ursynowie przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunku 2. Od 2003 roku zaznacza się wyraźna sezonowość zanieczyszczenia powietrza PM10; średnie stężenie PM10 w półroczu letnim stanowi w 2003 roku – 77%, a w 2004 roku – 83% średniego stężenia PM10 dla półrocza zimowego w badanym okresie.

Od 2002 roku, tzn. od czasu uruchomienia pomiarów stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacji meteorologicznej Ursynów SGGW, obserwuje się

TABELA 1. Średnie okresowe i roczne wartości stężenia PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) na Ursynowie, 2002–2004  
TABLE 1. Mean periods and annual mean values of PM10 concentration ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) in Ursynów WAU, 2002–2004

Rok / Year	2002	2003	2004
Średnia roczna / Annual mean	48,7	43,7	36,9
Półrocze ciepłe / Summer half-year period	59,0	38,0	33,7
Półrocze chłodne / Winter half-year period	38,4	49,3	40,2

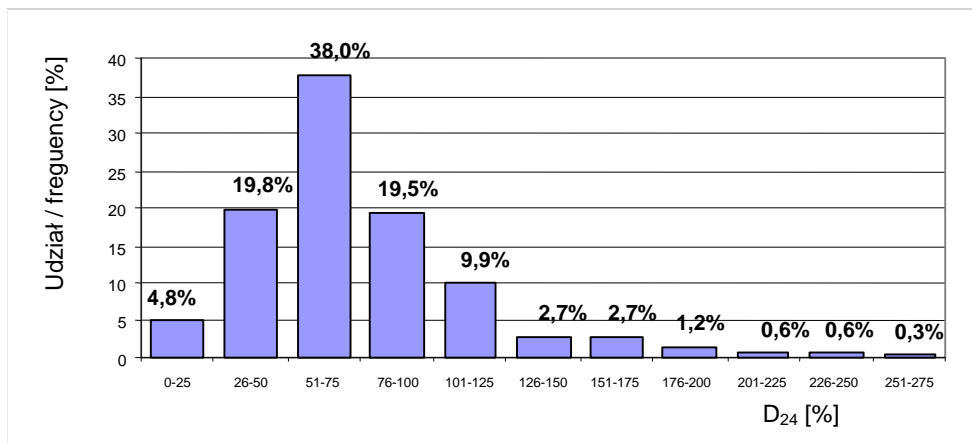


RYSUNEK 2. Średnie miesięczne wartości stężenia PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) na Ursynowie, 2002–2004  
 FIGURE 2. Mean monthly values of PM10 concentration ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) in Ursynów WAU, 2002–2004

tendencję spadkową tego zanieczyszczenia, choć liczba przekroczeń wartości średniodobowej utrzymuje się nadal na wysokim poziomie. W ostatnim 2004 roku stężenie średniodobowe wahało się od  $3,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $140 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , co stanowi odpowiednio od 7,8 do 280% średniodobowej wartości dopuszczalnej ( $D_{24} = 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) (DzU nr 87, poz. 798 z 2002 r.). Średniodobowa wartość dopuszczalna stężenia pyłu zawieszonego została przekroczona 60 razy w całym okresie pomiarowym. Średniodobową wartość dopuszczalną powiększoną o margines tolerancji ( $55 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) (DzU nr 87, poz. 798 z 6 czerwca 2002 r.) przekroczyło w 44 dniach przy dozwolonych 35 dniach z przekroczeniami. Rok 2004 był ostatnim, w którym uwzględnia się margines tolerancji. Średnie miesięczne wartości stężenia pyłu zawieszonego w Ursynowie wynosiły od 25,8 w maju do  $48,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  w styczniu. Średnia wartość stężenia pyłu zawieszonego w półroczu ciepłym wynosiła  $33,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , natomiast w półroczu chłodnym  $40,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Średnia

roczna wartość wynosi  $36,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , co stanowi 92% średniej rocznej wartości dopuszczalnej ( $D_a = 40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) (DzU nr 87 poz. 798 z 2002 r.); 24,6% przypadków z ogólnej liczby pomiarów stanowiły wartości mniejsze od 50% stężenia dopuszczalnego  $D_{24}$ , natomiast 18% łącznej liczby wyników było większe od wartości dopuszczalnych (rys. 3).

W celu powiązania zapylenia z warunkami meteorologicznymi wykonano analizę stężenia pyłu w zależności od kierunku wiatru. Na podstawie godzinnych wartości kierunku wiatru obliczono częstości jego występowania i każdej dobie przypisano najczęściej występujący kierunek. Dla każdego miesiąca obliczono średnie stężenie pyłu dla 8-kierunkowej róży wiatrów. Wykonana analiza stężeń pyłu zawieszonego, w zależności od kierunku napływających mas powietrza (tab. 2), pozwala stwierdzić, że największe wartości stężenia pyłu PM10 zanotowano przy napływie mas powietrza z kierunków NE, E, SE, a więc napływających z nad miasta.

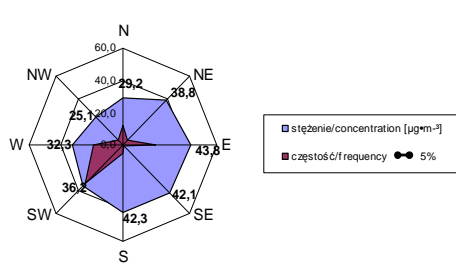


RYSUNEK 3. Procentowy udział dobowych stężeń PM10 w określonych przedziałach wartości dopuszczalnej ( $D_{24}$ ) na Ursynowie SGGW, 2004  
 FIGURE 3. Frequency distributions of 24-hours PM10 concentration in percentage of the permissible concentration ( $D_{24}$ ) in Ursynów WAU, 2004

TABELA 2. Wartości stężenia PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) w zależności od kierunku wiatru na stacji Ursynów SGGW, 2002–2004

TABLE 2. Mean values of PM10 concentration ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) response to wind direction for the in Ursynów WAU, 2002–2004

Rok/Year	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2002	67,1	40,0	60,8	44,0	25,9	39,1	39,5	106,8
2003	36,2	41,6	46,1	43,8	53,1	61,9	38,1	35,5
2004	29,2	38,8	43,8	42,1	42,3	36,2	32,3	25,1



RYSUNEK 4. Zanieczyszczeniowa róża wiatrów dla PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) w Ursynowie SGGW, 2004  
 FIGURE 4. Wind rose of PM10 pollution ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) in Ursynów WAU, 2004

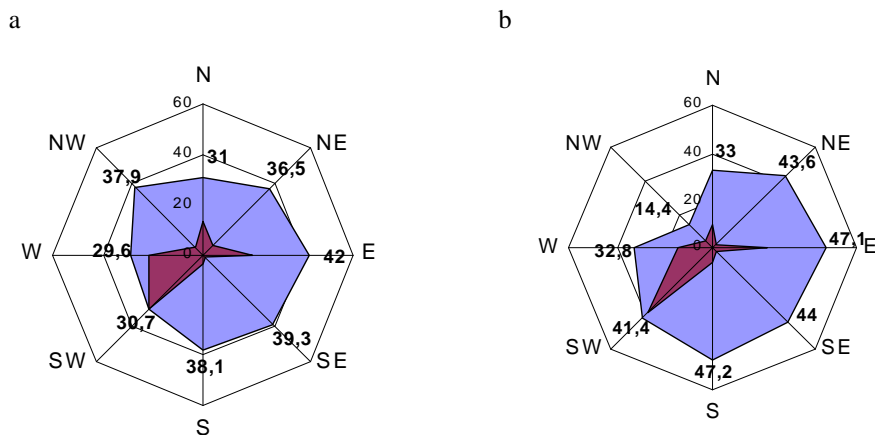
Średnie stężenie pyłu zawieszonego PM10 w zależności od kierunku wiatru dla roku oraz półrocza ciepłego i chłodnego w 2004 roku przedstawiają zanieczyszczeniowe róże wiatrów (rys. 4, 5). Dopuszczalne stężenie 24-h pyłu zawieszonego PM10 najczęściej było przekraczane przy napływie mas powietrza z kierunku wschodniego (39% wartości przekraczających wartość dopuszczalną pochodzi z tego sektora) oraz południowo-wschodniego (34% wartości przekraczających wartość dopuszczalną pochodzi z tego sektora). Natomiast najrzadziej dopuszczalne stężenie 24-h pyłu zawieszonego PM10 było przekraczane przy napływie mas powietrza z kierunków N, SE i W.

Średniodobowe stężenie PM10 na Ursynowie na dwóch stacjach MzWarszSGGW oraz MzWarszUrsynów w okresie grzewczym 2003/2004 przedstawia rysunek 6. Bardzo charakterystyczny jest przebieg stężeń PM10 na

obu stacjach, wysokie stężenia PM10 są obserwowane w większości przypadków w tym samym czasie.

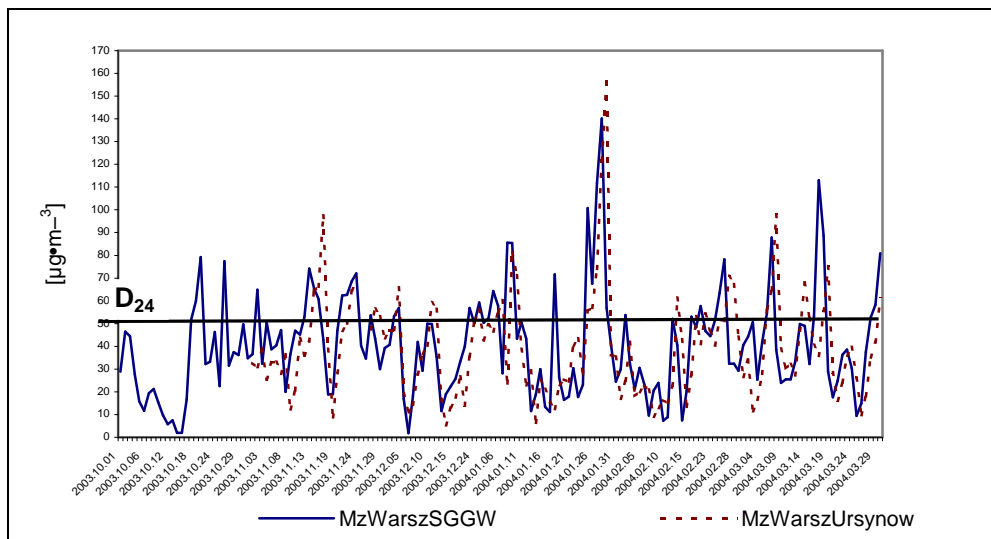
Prędkość wiatru wpływa stymulująco na procesy mieszania, a dodatkowo w przypadku dużych aglomeracji miejskich, będących skupiskiem wielu emitorów, ma wpływ na przemieszczenie zanieczyszczeń poza obręb miasta. W związku z tym obserwuje się zazwyczaj spadek wysokości stężeń zanieczyszczeń wraz ze wzrostem prędkości wiatru. Obserwuje się jednak niekiedy odstępstwa od tej reguły, zwłaszcza w przypadku uśrednień dla dłuższego okresu. Wykres zależności średnich dobowych stężeń PM10 na stacji meteorologicznej Ursynów SGGW w sezonie grzewczym 2003/2004 (1 X–31 III) w zależności od prędkości wiatru przedstawia rysunek 7.

Dla rozpatrywanego zanieczyszczenia i każdego przedziału prędkości wiatru obliczone zostały średnie stężenia



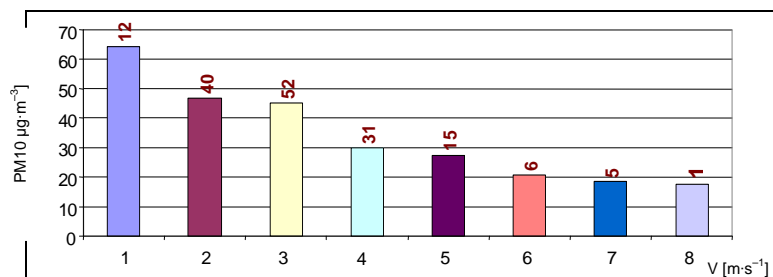
RYSUNEK 5. Zanieczyszczeniowe róże wiatrów dla PM10 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) w Ursynowie SGGW: a – w półroczu ciepłym, b – w półroczu chłodnym  
 FIGURE 5. Wind rose of PM10 pollution ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) in Ursynów WAU: a – in warm half – year period b – in cold half – year period





RYSUNEK 6. Sezonowy przebieg stężenia PM10 według wartości średnich dobowych na stacjach MzWarszSGGW i MzWarszUrsynów w sezonie grzewczym 2003–2004

FIGURE 6. Diurnal mean concentration of PM10 (stations: MzWarszSGGW and MzWarszUrsynów), heating season 2003/2004



RYSUNEK 7. Zależność stężeń PM10 od prędkości wiatru (v) w sezonie grzewczym 2003/2004, Ursynów SGGW

FIGURE 7. PM10 concentration versus wind speed (v) at heating season 2003/2004, Ursynów WAU

zanieczyszczeń ze wszystkich pomiarów zarejestrowanych przy prędkości wiatru z danego przedziału. Liczby umieszczone ponad słupkami danych na wykresie to liczby danych, z których obliczono średnie stężenie PM10. Niekiedy obserwuje się nietypowe zachowania, a mianowicie wzrost stężeń przy wzroście prędkości wiatru. Może to być spowodowane tym, że istotny wpływ na

rejestrowaną imisję mają źródła zanieczyszczeń położone w pewnej odległości od stacji. Jeśli powyższa teza jest prawdziwa, to powinno się zaobserwować jeszcze wyraźniej tego rodzaju zjawisko po podziale danych w zależności od sektora kierunku wiatru. W tym celu analizuje się 3-wymiarowe róże zanieczyszczeń, uwzględniając oprócz prędkości również kierunek

wiatru. Konstrukcja takich wykresów polega na podziale danych na podzbiory według sektora kierunku wiatru (w rozpatrywanym przypadku na 8 sektorów), a następnie dla każdego sektora podział danych ze względu na wartość prędkości wiatru (np. co 1 m/s) i po dokonaniu podziału obliczenie średnich stężeń we wszystkich podzbiorach. Tak jak w przypadku dwuwymiarowych różnic zanieczyszczeń, niezbędne jest podanie liczby danych, z których obliczono średnie. Obserwowany wzrost stężeń zanieczyszczeń przy wzroście prędkości wiatru może świadczyć o istnieniu w pewnej odległości od stacji źródła zanieczyszczenia w istotny sposób wpływającego na rejestrowaną imisję. Analiza zależności wielkości stężeń od kierunku i prędkości wiatru na rozpatrywanej stacji może być ilustracją wpływu dużej aglomeracji, jaką jest Warszawa, na jej otoczenie. Bez względu na wielkość prędkości wiatru, przy północno-zachodnim kierunku wiatru obserwuje się niezmienny, wysoki poziom stężeń (rys. 8).

Rysunek 9 przedstawia średnie stężenie PM10 w sezonie grzewczym 2003/2004 w grupach stężeń przekraczających wartość dopuszczalną  $D_{24} > 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  i poniżej wartości dopuszczalnej ( $\leq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) w zależności od rodzaju zalegających mas powietrza. W pracy zastosowano następujące oznaczenia mas powietrza: PA – powietrze arktyczne, PAm – powietrze arktycznomorskie, PAmS – powietrze arktyczne morskie stare, PAs – powietrze arktyczne stare, PPK – powietrze polarno-kontynentalne, PPM – powietrze polarnomorskie, PPMc – powietrze polarno-

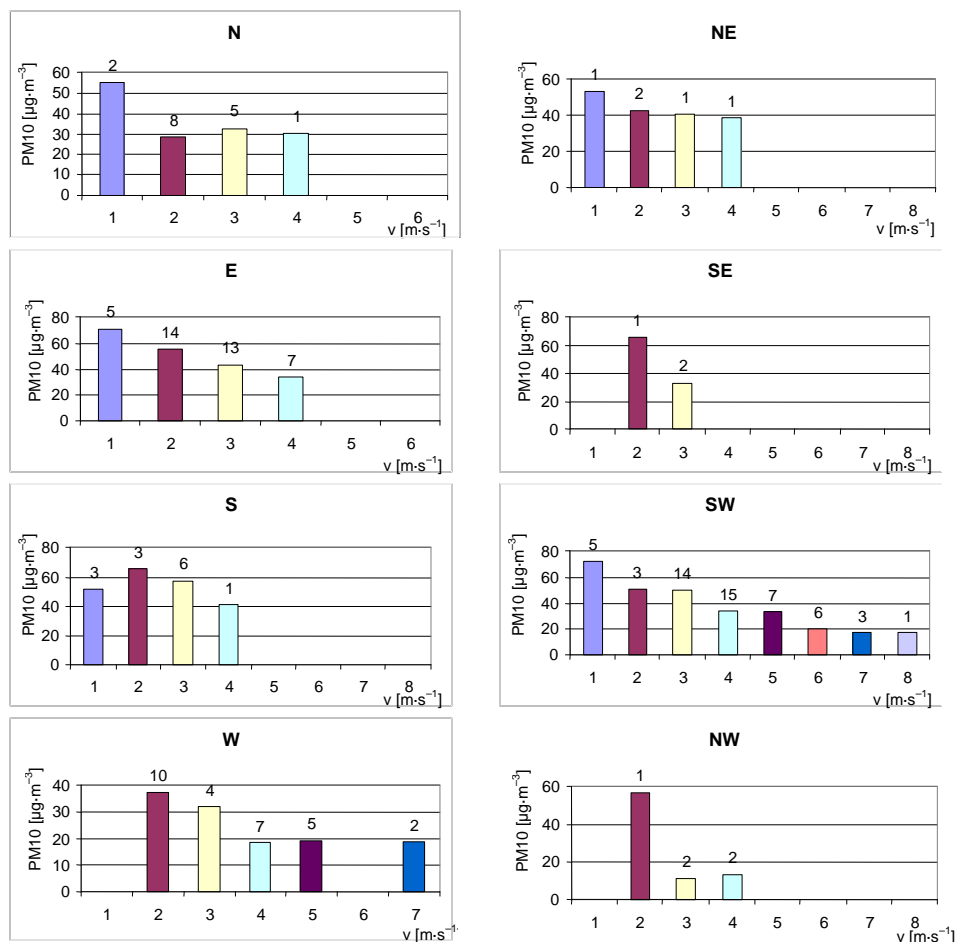
morskie ciepłe, PPMs – powietrze polarnomorskie stare, PZ – powietrze zwrotnikowe.

Najniższe wewnątrzmasowe, średnie stężenie PM10 zaobserwowano przy napływie mas powietrza PA, również PAm, PAmS i PPM (tab. 3). Powietrze arktyczne (PA), charakteryzuje się małym zanieczyszczeniem, a napływające do Polski ogrzewa się od cieplejszego podłoża i kształtuje się w nim stan równowagi chwiejnej sprzyjającej ruchom pionowym powietrza, a tym samym wymianie masy i mieszaniu powietrza, co daje dodatkowy efekt zmniejszenia wielkości stężenia zanieczyszczeń. Natomiast najwyższe wewnątrzmasowe średnie stężenie PM10 zaobserwowano przy napływie mas powietrza PPK i PPMs.

## Podsumowanie

Od 2002 roku, tzn. od czasu uruchomienia pomiarów stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacji meteorologicznej Ursynów SGGW, obserwuje się tendencję spadkową tego zanieczyszczenia, choć liczba przekroczeń wartości średniodobowej utrzymuje się nadal na wysokim poziomie (średniodobowa wartość dopuszczalna stężenia pyłu zawieszonego została przekroczona 44 razy w całym okresie pomiarowym 2004 r.).

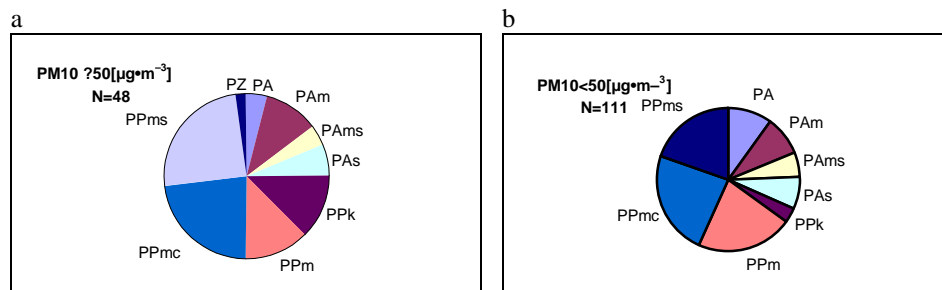
Wykonana analiza stężeń pyłu zawieszonego w zależności od kierunku napływających mas powietrza pozwala stwierdzić, że największe wartości stężenia pyłu PM10 zanotowano przy napływie mas powietrza z kierunków NE, E, SE, a więc napływających z miasta.



RYSUNEK 8. Zależność stężeń PM10 od prędkości wiatru ( $v$ ) dla ośmiu sektorów kierunku wiatru w sezonie grzewczym 2003/2004, Ursynów SGW  
 FIGURE 8. PM10 concentration versus wind speed ( $v$ ) for 8 sectors of wind direction at heating season 2003/2004, Ursynów WAU

Dominujący wpływ dużej ilości emitorów, położonych w różnych odległościach od punktu pomiarowego, lecz o tym samym sektorze kierunku, daje przy analizie 3-wymiarowej różnicy zanieczyszczeń nietypową zależność od prędkości dla tego kierunku, objawiającą się utrzymywaniem się dużych stężeń pomimo wzrostu prędkości wiatru. Należy pamiętać, że wobec naturalnej

zmienności dobowej stężeń i jeszcze większej zmienności kierunku i prędkości wiatru zastosowanie 24-godzinnego czasu uśredniania wprowadza zbyt duży błąd oceny napływu zanieczyszczeń. W sprzeczności z tym jest rozporządzenie w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu (DzU nr 87, poz. 798 z 2002 r.) w odniesieniu do pomiarów stężeń pyłu PM10, które mówi, że



RYSUNEK 9. Udział różnych mas powietrza w grupach stężeń: a – przekraczających wartość dopuszczalną  $D_{24}$  ( $>50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), b – poniżej wartości dopuszczalnej ( $\leq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )  
 FIGURE 9. Contributions of different types of air masses in the groups of surpass permissible concentration  $D_{24}$  ( $>50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) and below permissible level ( $\leq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) PM10 concentration

TABELA 3. Wybrane charakterystyki statystyczne stężeń PM10 i parametrów meteorologicznych w sezonie grzewczym 2003/2004

TABLE 3. The selected statistical characteristics of PM10 concentration and meteorological parameters at heating season 2003/2004

Dopuszczalna norma stężenia dobowego PM10 Permissible level $D_{24}$ for PM10	Masa powietrza Air mass	Liczba dni Number of days	Opad [mm] Precipitation	Średnia temperatura przy zaleganiu masy Mean temperature at air masses	Średnie stężenie PM10 przy zaleganiu masy Mean concentration of PM10 at air masses
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PA	2	0,3	-5,4	52,6
$\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PA	11	1,9	-2,3	25,9
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PAm	5	0,5	-3,7	61,1
$\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PAm	10	12,7	2,5	18,7
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PAms	2	0,4	-2,3	64,5
$\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PAms	6	1,3	-2,9	28,4
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PAs	3	2,0	-0,7	71,3
$\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PAs	8	12,7	1,7	25,6
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PPk	6	17,4	-3,6	78,9
$\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PPk	4	0,3	-3,4	29,4
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PPm	6	0,0	4,0	63,9
$\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PPm	24	79,3	6,6	27,4
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PPmc	11	0,1	6,2	64,6
$\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PPmc	26	50,8	5,3	34,2
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PPms	12	4,6	2,2	70,9
$\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PPms	22	31,0	4,8	31,9
$\text{PM}_{10} \geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PZ	1	0,0	8,6	53,6

pomiary pyłu powinny być prowadzone metodą manualną, z czasem uśredniania 24 godziny.

Analiza stężeń przekraczających wartość dopuszczalną  $D_{24}$  ( $\geq 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) i poniżej wartości dopuszczalnej ( $< 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) w zależności od rodzaju zalegających mas powietrza pokazała, że wysoka koncentracja PM10 rzadko występuje podczas napływu mas powietrza arktycznego i polarnomorskiego. Napływ mas powietrza kontynentalnego (PPk) oznacza wzrost prawdopodobieństwa pojawienia się wysokiej koncentracji PM10.

Tendencja spadkowa stężenia PM10 na stacji Ursynów SGGW niekoniecznie musi być wynikiem spadku emisji zanieczyszczeń. Jego przyczyną może być częste występowanie warunków meteorologicznych sprzyjających pionowej lub poziomej wentylacji powietrza, jak również zmniejszeniem emisji związanej z systemem grzewczym w przypadku łagodnej zimy, o czym może świadczyć fakt, że w rozpatrywanym okresie grzewczym 2003/2004 średnia temperatura wynosiła  $2,4^{\circ}\text{C}$ , a w sezonie grzewczym 2002/2003 tylko  $0,4^{\circ}\text{C}$ .

Niewątpliwie na pogorszenie jakości powietrza może mieć wpływ planowane przeprowadzenie autostrady A-2 lub drogi ekspresowej przez teren dzielnicy Ursynów. Szkodliwość (uciążliwość) planowanej inwestycji będzie oddziaływać zarówno na mieszkańców Ursynowa, jak i na środowisko, w którym znajdują się wspomniane na wstępie rezerwy objęte ochroną prawną.

## Literatura

- BELL J.N.B., TRESHOW M. 2004: Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- GODŁOWSKA J. 2004: The particulate matter PM10 air pollution in Cracow. *Wiadomości IMiGW XXVII (XLVII)*, 1: 79–90.
- <http://www.epa.gov/oar/oagps/cleanair.html>
- <http://www.lungusa.org/air>
- Inspekcja Ochrony Środowiska, 2000: Wykorzystanie danych meteorologicznych w monitoringu jakości powietrza. Biblioteka Monitoringu Środowiska.
- PASTUSZKA J.S., GRYNKIEWICZ-BYLINA B., KARWIC B. 2004: Współczynnik absorpcji aerozolu atmosferycznego w pobliżu ruchliwej drogi jako wskaźnik oddziaływania drogi na środowisko. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów* 38, 5: 161–166.
- Rozporządzenie Nr 62 Wojewody Mazowieckiego z dnia 8 grudnia 2003 r.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych poziomów niektórych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji (DzU z 2002 r. nr 87 poz. 798)
- STERN A.C. i in. 1994: Fundamentals of air pollution. Academic Press, San Diego.
- QUARG, 1996. Airborne Particulate Matter in the United Kingdom. Third Report of the Quality.

## Summary

**The particulate matter PM10 air pollution in Ursynów and its correlation with meteorological conditions.** The paper presents the analysis between the PM10 concentration values measured at air quality monitoring station and meteorological elements in Ursynów WAU. The period of analysis covers 2002–2004. The results are

presented in the form of figures and tables. Decrease of PM10 concentration was observed in the period since January 2002 to December 2004, although permissible level  $D_{24}$  was still exceed.

**Author's address:**

Grzegorz Majewski  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
Zakład Meteorologii i Klimatologii  
ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa  
Poland  
e-mail: majewskig@alpha.sggw.waw.pl