

Anna CHLEBOWSKA-STYŚ, Izabela SÓWKA, Łukasz PACHURKA\*

## **ANALIZA SKŁADU PYŁU ZAWIESZONEGO PM<sub>10</sub> NA STACJI TŁA MIEJSKIEGO W PILE**

Celem opracowania była analiza składu pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> na stacji tła miejskiego w województwie wielkopolskim w mieście Piła w latach 2011–2015. W tym celu wykorzystano dane z bazy Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Poznaniu. Zaprezentowano średnie roczne stężenia PM<sub>10</sub>, metali ciężkich w PM<sub>10</sub> oraz WWA w PM<sub>10</sub>. Zwrócono uwagę na wyraźną sezonową zmienność stężeń omawianych zanieczyszczeń. Wykazano, iż na terenie miasta Piła występuje problem z zanieczyszczeniem powietrza pyłem zawieszonym PM<sub>10</sub> oraz WWA. Nie stwierdzono natomiast przekroczenia dopuszczalnych norm określonych dla metali ciężkich. Występowanie najwyższych stężeń zanieczyszczeń w sezonie zimowym pozwala przypuszczać, że za stan zanieczyszczenia powietrza pyłami zawieszonymi oraz WWA w Pile odpowiedzialne jest zjawisko niskiej emisji z sektora komunalno-bytowego.

### **1. WPROWADZENIE**

#### **1.1. INFORMACJE PODSTAWOWE**

Zanieczyszczenie powietrza w znaczący sposób wpływa na środowisko i warunki zdrowotne populacji [1, 7, 19]. Szczególnie niebezpieczne dla ludzi jest narażenie na pyły zawieszone, które drogą inhalacji wnikają do wnętrza organizmów. Co więcej pyły zawieszone odgrywają ogromną rolę w zmianach klimatu poprzez zaburzenie równowagi radiacyjnej na Ziemi. Pyły powodują ochładzanie klimatu poprzez rozpraszanie promieni słonecznych, ale równocześnie prowadzą do ogrzania atmosfery w wyniku absorpcji promieniowania słonecznego. Pośredni wpływ pyłów zawieszonych na zmiany klimatu wynika z ich wpływu na zmiany w składzie chmur. Obecnie,

---

\* Zakład Ekologii i Zarządzania Ryzykiem Środowiskowym, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska, pl. Grunwaldzki 9, 50–370 Wrocław, anna.chlebowska@pwr.edu.pl.

pośrednie, jak i bezpośrednie działanie pyłów zawieszonych stwarza dużą niepewność w tworzeniu prognoz klimatycznych [18, 13, 25].

Wpływ pyłów zawieszonych na zdrowie determinowany jest wielkością ich cząstek. Bardzo małe ziarna, których średnica aerodynamiczna jest mniejsza niż 1 µm, wykazują silne właściwości toksyczne, cytotoksyczne i mutagenne. Najwyższy potencjał mutagenny oraz oksydacyjny posiadają cząstki o średnicy mniejszej niż 0,1 µm [4, 15]. Nie tylko wielkość ziaren wpływa na toksyczność pyłów, niezwykle istotny jest także ich skład chemiczny. Niektóre pierwiastki czy związki znajdujące się na powierzchni pyłów mają właściwości toksyczne. Szczególnie niebezpieczna dla zdrowia ludzkiego jest obecność w powietrzu metali ciężkich oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Nawet jeśli obecność wyżej wymienionych zanieczyszczeń nie powoduje przekroczenia dopuszczalnych norm, chroniczne narażenie na ich obecność negatywnie wpływa na stan zdrowia. Stwierdzono, że metale ciężkie mają zdolność do akumulacji w tkankach ludzkiego ciała, np. w kościach, nerkach, czy mózgu [6, 26]. Narażenie na tlenki lub sole metali ciężkich może powodować ostre lub chroniczne zatrucia, nowotwory, choroby układu naczyniowego i nerwowego [14]. Najdrobniejsze pyły zawierające w swym składzie tlenek miedzi wykazują wyższą szkodliwość dla komórek ludzkiego ciała niż pyły, które w swym składzie nie zawierają tego związku. Zgrubne ziarna pyłów zawierające dwutlenek tytanu częściej powodują zmiany w kodzie genetycznym niż ziarna o mniejszej średnicy [12]. Według różnych badań prowadzonych na zwierzętach, WWA i ich pochodne wykazują działanie mutagenne, rakotwórcze i nowotworowe [9], niektóre z nich wykazują właściwości teratogenne [28]. Wykazują zdolność addycji do kwasu deoksyrybonukleinowego i właściwości immunosupresyjne po kontakcie skórnym, połknięciu lub wniknięciu do wnętrza organizmu drogą inhalacyjną [9]. Benzo(a)piren (B(a)P) został uznany za marker WWA ze względu na swoją wysoką toksyczność w stosunku do ludzi oraz powszechne występowanie w środowisku przyrodniczym [17]. B(a)P posiada zdolność ingerowania w łańcuch DNA, które prowadzi do niewłaściwych transformacji, tym samym przyczynia się do tworzenia zmian nowotworowych [17]. Narażenie na kontakt z WWA może powodować u ludzi zmiany skórne, zaćmy, uszkodzenia nerek i wątroby, żółtaczkę. Ponadto ekspozycja na WWA może powodować nowotwory płuc, piersi, skóry i przełyku [8].

Skład chemiczny pyłów zawieszonych określa ich właściwości takie, jak: gęstość, reaktywność czy toksyczność. Ponadto, skład chemiczny wskazuje na ich główne źródła emisji [20]. Stężenie oraz skład chemiczny pyłów zawieszonych zależą od wielu czynników, przede wszystkim od charakteru i rodzaju źródeł emisji, warunków meteorologicznych oraz obecności prekursorów ich powstawania. Przeprowadzane analizy pyłów (w Polsce głównie frakcji PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>) wykonuje się głównie w celu zrozumienia stałych oraz okresowych zależności między ich stężeniami a głównymi źródłami emisji [23, 33]. Są pomocne również w identyfikacji wpływu pyłów na zdrowie oraz środowisko [2, 5, 24,].

Głównymi źródłami metali ciężkich w powietrzu atmosferycznym są przemysł hutniczy oraz metalurgiczny, a także spalanie paliw kopalnych oraz transport. W przypadku WWA jako główne źródła przyjmuje się procesy niepełnego spalania materii organicznej. Za faktem tym przemawia występowanie wysokich stężeń WWA głównie w sezonie grzewczym, kiedy to w domowych instalacjach spalane są paliwa stałe. Emisja WWA związana z indywidualnym ogrzewaniem budynków to około 78% całkowitej emisji benzo(a)pirenu do powietrza z terenu Polski i około 87% sumarycznej emisji czterech WWA: benzo(a)antracenu (B(a)A), benzo(b)fluoroantenu (B(b)F), benzo(k)fluoroantenu (B(k)F) i indeno(1,2,3-cd)-pirenu (IP) [16]. Dodatkowo, na wysokie stężenia WWA oraz metali ciężkich w powietrzu wpływ mają emisje niezorganizowane takie jak wypalanie ściernisk na polach i w ogrodach, spalanie odpadów i śmieci w ogniskach lub urządzeniach do tego nieprzystosowanych. Transport drogowy jest równie ważnym źródłem. Ocenia się, że emisja z samochodów stanowi 5% całkowitej emisji B(a)P oraz 2% sumarycznej emisji czterech WWA [16]. Na terenie Polski głównym źródłem emisji WWA i metali ciężkich do powietrza jest tak zwana niska emisja. Stosowanie konwencjonalnych nośników energii sprzyja emisji szkodliwych zanieczyszczeń do środowiska zarówno na obszarach aglomeracji miejskich, jak i terenach wiejskich [27]. Emisja zanieczyszczeń z rafinerii ropy naftowej, hut żelaza, aluminium i miedzi oraz z innych zakładów wykorzystujących w produkcji WWA ma znaczenie lokalne, w przeciwieństwie do zjawiska niskiej emisji, które dotyczy terenu całego kraju (tab. 1).

Tabela 1. Emisja WWA na terenie Polski w 2013 roku [33]

| Kategoria źródeł emisji                                    | Emisja w kg/rok        |                                       |                                       |                                  |
|------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
|                                                            | benzo(a)piren<br>B(a)P | ben-<br>zo(b)fluoroant<br>en<br>B(b)F | ben-<br>zo(k)fluoroant<br>en<br>B(k)F | indeno(1,2,3-<br>cd)-piren<br>IP |
| Produkcja energii elektrycznej i ciepła publicznego        | 0                      | 0,15                                  | 0,15                                  | 0,03                             |
| Stacjonarne spalanie w przemyśle wytwórczym i budownictwie | 0                      | 0,19                                  | 0,31                                  | 0,1                              |
| Transport drogowy                                          | 2,46                   | 0                                     | 0                                     | 0                                |
| Transport szynowy                                          | 0,03                   | 0                                     | 0                                     | 0                                |
| Indywidualne ogrzewanie budynków                           | <b>35,9</b>            | <b>43,24</b>                          | <b>9,25</b>                           | <b>46,6</b>                      |
| Rolnictwo, leśnictwo, rybactwo – maszyny robocze           | 0,5                    | 0,07                                  | 0,07                                  | 0,03                             |
| Koksownie                                                  | 7,02                   | 2,34                                  | 2,34                                  | 2,81                             |
| Produkcja aluminium                                        | 0,18                   | 0,64                                  | ,064                                  | 0,08                             |
| Inne                                                       | 0,1                    | 0,01                                  | 0,03                                  | 0,01                             |
| Razem                                                      | 46,1                   | 46,64                                 | 12,79                                 | 49,66                            |

W Polsce występuje poważny problem zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM<sub>10</sub> oraz PM<sub>2,5</sub>, a co za tym idzie również metalami ciężkimi oraz WWA. Polska odpowiada za 14,6% emisji czterech WWA (tj. B(a)A, B(b)F, B(k)F, IP) z terenu całej Unii Europejskiej. Więcej WWA do środowiska w 2013 roku wyemitowała tylko Hiszpania (16,1%) i Niemcy (16,2%) [16].

Ocenę jakości powietrza w Polsce prowadzi się zgodnie z prawodawstwem krajowym i europejskim. Monitoring prowadzony jest zgodnie z kryteriami określonymi w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy oraz dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu. Zgodnie z powyższymi dokumentami w Polsce wyznaczone zostały poziomy dopuszczalne substancji w powietrzu dla pyłów PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> oraz Pb jak również poziomy docelowe dla pyłu PM<sub>2,5</sub> i As, Cd, Ni oraz B(a)P w PM<sub>10</sub> (tab. 2). Niestety, zarówno w prawie krajowym jak i europejskim nie zostały określone normy regulujące emisję WWA do powietrza. Również w przypadku wykonywania oceny jakości powietrza uwzględnia się jedynie zanieczyszczenie powietrza B(a)P – nie bierze się pod uwagę pozostałych WWA. Wynika to z zapisów dyrektywy 2004/107/WE, według której B(a)P powinien być stosowany jako marker rakotwórczego ryzyka związanego z obecnością pozostałych kancerogennych WWA. Zgodnie z powyższym dokumentem, mimo, iż nie uwzględniane w ocenie jakości powietrza, monitorowane są również inne związki z grupy WWA – takie jak: benzo(a)antracen, benzo(b)fluoroanten, benzo(j)fluoroanten, benzo(k)fluoroanten, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h,)antracen i bezno(a)piren.

Tabela 2. Poziomy dopuszczalne substancji w powietrzu [34]

| Nazwa substancji      | Okres uśredniania wyników pomiarów | Poziom dopuszczalny [µg/m <sup>3</sup> ] | Dopuszczalna częstość przekroczenia poziomu dopuszczalnego w roku kalendarzowym | Margines tolerancji [µg/m <sup>3</sup> ] |      |      |      |      |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------|------|------|------|
|                       |                                    |                                          |                                                                                 | 2010                                     | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Pył PM <sub>10</sub>  | 24 godziny                         | 50                                       | 35                                                                              | 0                                        | 0    | 0    | 0    | 0    |
|                       | rok kalendarzowy                   | 40                                       | -                                                                               | 0                                        | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Pył PM <sub>2,5</sub> | rok kalendarzowy                   | 25                                       | -                                                                               | 4                                        | 3    | 2    | 1    | 1    |
|                       | rok kalendarzowy                   | 20                                       | -                                                                               | 0                                        | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Ołów Pb*              | rok kalendarzowy                   | 0,5                                      | -                                                                               | 0                                        | 0    | 0    | 0    | 0    |

Tabela 2 cd. Poziomy docelowe substancji w powietrzu [34]

| Nazwa substancji      | Okres uśredniania<br>wyników pomiarowych | Poziom<br>docelowy   | Termin osiągnięcia<br>poziomu docelowego |
|-----------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|
| Pył PM <sub>2,5</sub> | rok kalendarzowy                         | 25 µg/m <sup>3</sup> | 2010                                     |
| Arsen As*             | rok kalendarzowy                         | 6 ng/m <sup>3</sup>  | 2013                                     |
| Nikiel Ni*            | rok kalendarzowy                         | 20 ng/m <sup>3</sup> | 2013                                     |
| Kadm Cd*              | rok kalendarzowy                         | 5 ng/m <sup>3</sup>  | 2013                                     |
| Benzo(a)piren**       | rok kalendarzowy                         | 1 ng/m <sup>3</sup>  | 2013                                     |

\* suma metalu i jego związków w pyłe zawieszonym PM<sub>10</sub>

\*\* całkowita zawartość benzo(a)pirenu w pyłe PM<sub>10</sub>

Celem pracy była analiza składu pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> na stacji tła miejskiego w Pile pod kątem zawartości metali ciężkich oraz WWA. Wskazano również na trendy zmian badanych zanieczyszczeń w latach 2011–2015. Z analizy danych literaturowych wynika bowiem, że na terenie Polski, w tym województwa wielkopolskiego stwierdza się wysokie stężenia omawianych zanieczyszczeń.

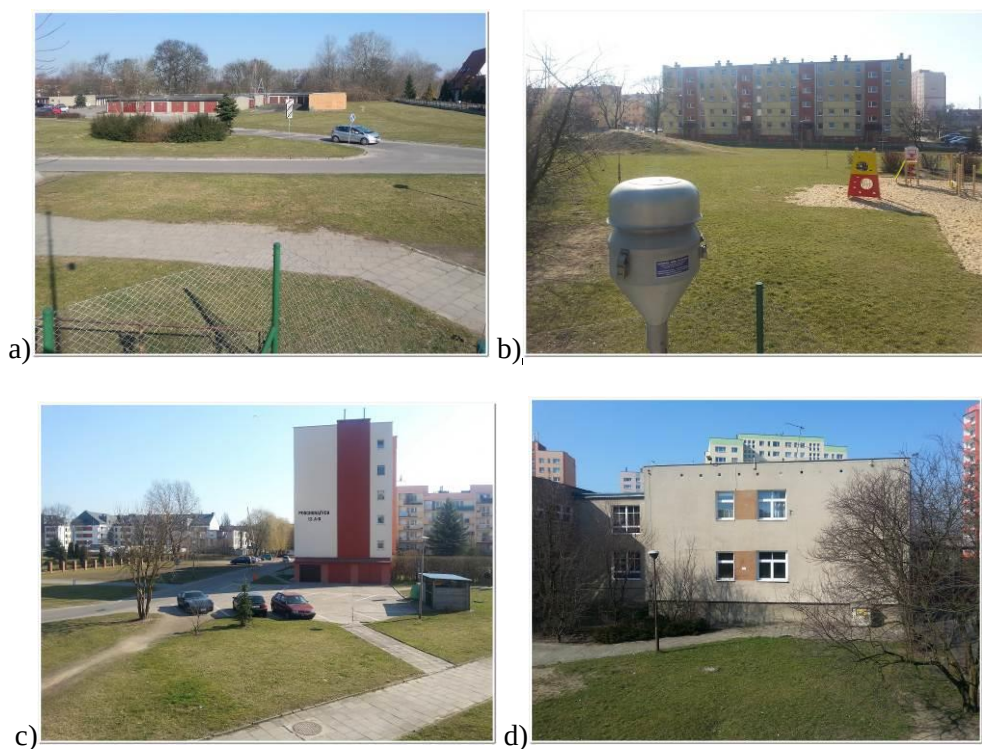
## 2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU I METODYKA BADAŃ

Dane wykorzystane w opracowaniu pochodzą ze stacji monitoringu powietrza zlokalizowanej w Pile (fot. 1), w województwie wielkopolskim, w strefie wielkopolskiej. Należy ona do wielkopolskiej wojewódzkiej sieci monitoringu powietrza działającej w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Właścicielem stacji jest Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu, który prowadzi na niej m.in. monitoring tła miejskiego pod kątem WWA. Obowiązek prowadzenia pomiarów nakłada dyrektywa 2004/107/WE, a celem zadania jest określenie udziału benzo(a)pirenu w wielopierścieniowych węglowodorach aromatycznych zawartych w pyłe PM<sub>10</sub>.



Fot. 1. Stacja monitoringu powietrza w Pile (autor: B. Gruchociak)

Stacja monitoringu powietrza w Pile jest stacją tła miejskiego, spełnia kryteria określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 roku w sprawie dokonywania oceny substancji w powietrzu [21]. Zlokalizowana jest przy ul. Kusocińskiego, tym samym nie znajduje się w pobliżu ruchliwej drogi oraz źródeł emisji punktowej. Najbliższe otoczenie stacji to zabudowa mieszkaniowa wielorodzinna oraz usługowa (szkoły, stadion żużlowy MOSiR oraz sklepy) (Fot. 2). Warunki meteorologiczne panujące w otoczeniu stacji są typowe dla strefy, w której się znajduje, nie ma również w pobliżu przeszkód, które mogłyby zaburzyć proces dyspersji zanieczyszczeń. Poza manualnymi pomiarami pyłu  $PM_{10}$  na stacji prowadzone są automatyczne pomiary  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ,  $NO$ ,  $CO$ ,  $PM_{10}$ . Dodatkowo mierzone są podstawowe parametry meteorologiczne. W materiale filtracyjnym z pobranym pyłem  $PM_{10}$  oznaczane są: As, Cd, Ni, Pb oraz siedem WWA: benzo(a)antracen (B(a)A), benzo(b)fluoroanten (B(b)F), benzo(j)fluoroanten (B(j)F), benzo(k)fluoroanten (B(k)F), indeno(1,2,3-cd)piren (IP), dibenzo(a,h)antracen (DB(ah)A) i bezno(a)piren (B(a)P) (tab. 3).



Fot. 2. Najbliższe otoczenie stacji monitoringu powietrza w Pile od strony północnej (a), południowej (b), wschodniej (c) i zachodniej (d) (autor: B. Gruchociak)

Tabela 3. Charakterystyka stacji monitoringu powietrza w Pile

| Lp. | Parametr                                              | Charakterystyka                                                                                                                                                                  |
|-----|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Kod krajowy stacji                                    | WpPilaKusoci                                                                                                                                                                     |
| 2.  | Województwo                                           | wielkopolskie                                                                                                                                                                    |
| 3.  | Nazwa i kod strefy                                    | Strefa wielkopolska                                                                                                                                                              |
| 4.  | Adres                                                 | ul. Kusocińskiego 10a                                                                                                                                                            |
| 5.  | Współrzędne geograficzne                              | długość: 53.154408<br>szerokość: 16.759572                                                                                                                                       |
| 6.  | Typ obszaru                                           | miejski                                                                                                                                                                          |
| 7.  | Typ stacji                                            | tło miejskie                                                                                                                                                                     |
| 8.  | Data uruchomienia                                     | 01.03.2003                                                                                                                                                                       |
| 9.  | Właściciel                                            | Wojewódzki Inspektor Ochrony Środowiska w Poznaniu                                                                                                                               |
| 10. | Mierzone zanieczyszczenia i parametry meteorologiczne | PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NO, SO <sub>2</sub> , CO, temperatura powietrza, kierunek i prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność względna |
| 11. | Parametry oznaczane w PM <sub>10</sub>                | As, Cd, Ni, Pb, BaP, BaA, BbF, BkF, IP, DBaH A                                                                                                                                   |

Tabela 4. Charakterystyka punktu pomiarowego PM<sub>10</sub> w Pile

| Stanowisko pomiarowe  | Stężenie PM      | Typ miernika/producent                  | Wysokość czerpni n.p.m. | Czas próbkowania | Lokalizacja miernika                                                      |
|-----------------------|------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Piła, ul. Kusińskiego | PM <sub>10</sub> | HVS Enviro-Sense DHA-80 sampler DIGITEL | 5 m                     | 24 godz.         | miernik w obudowie zewnętrznej zlokalizowane na terenie stacji pomiarowej |

Poboru pyłu PM<sub>10</sub> dokonywano przy pomocy impaktora sekwencyjnego wysokoobjętościowego HVS marki DIGITEL typu DHA-80 charakteryzującego się przepływem w zakresie od 200 do 1000 l/min. Impaktor posiada wejście cyfrowe RS232 oraz magazyn filtrów na maksymalnie 14 sztuk. Jako materiał eksploatacyjny wykorzystywane są filtry kwarcowe o średnicy 150 mm. Czerpnia impaktora znajduje się na wysokości 5 m od poziomu gruntu.

Filtry do/z punktu pomiarowego transportowano do/z WIOŚ w Poznaniu, gdzie poddawano je kondycjonowaniu i ważeniu przed i po ekspozycji w pokoju wagowym. Do pomiarów wykorzystywano wagę analityczną Xa 60/220 firmy RADWAG. Filtry po ekspozycji kondycjonowano w takich samych warunkach temperatury i wilgotności względnej, w jakich były przygotowane przed ekspozycją przez okres przynajmniej 48 godzin. Po kondycjonowaniu filtry ważono dwukrotnie, z 24 godzinną przerwą. Filtry po ekspozycji, kondycjonowaniu i ważeniu poddano chemicznej analizie oznaczenia WWA i metali ciężkich [34].

Oznaczenie metali ciężkich wykonywano w akredytowanym laboratorium WIOŚ w Poznaniu. Oznaczenia wykonywano na zbiorczych próbkach tygodniowych łączonych z dobowych wyników. Próbkę łączoną poddawano mineralizacji, do tego celu

wykorzystywano mineralizator falowy. Łączone próbki umieszczano w naczyniach teflonowych i mineralizowano je stopniowo dodając kolejno stężone kwasy: azotowy, fluorowodorowy, nadchlorowy i solny. Następnie zawartość metali oznaczana była metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z atomizacją w piecu grafitowym zgodnie z normą PN-EN 14902 „Jakość powietrza atmosferycznego – Standardowa metoda oznaczania Pb, Cd, As i Ni we frakcji PM<sub>10</sub> pyłu zawieszonego. Do oznaczania próbek stosowano spektrometr absorpcji atomowej AA 240 DUO firmy Agilent Technologies.

Pomiarów stężeń WWA w PM<sub>10</sub> dokonywano za pomocą ekstrakcji dichlorometanem związków organicznych z filtra z dodatkiem ziemi okrzemkowej, w automatycznym ekstraktorze typu ASE. Analizę ekstraktu wykonywano za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC przy użyciu detektorów fluorescencyjnego i diodowego. Urządzenie wykorzystywane do analizy to wysokosprawny chromatograf cieczowy HPLC FLEXAR FX-10 firmy Perkin Elmer. Stężenie badanych WWA określano metodą wzorca zewnętrznego przez porównanie powierzchni pików.

W pierwszej części opracowania poddano analizie średnioroczne oraz średniodobowe stężenia pyłu PM<sub>10</sub> w latach 2011–2015. W drugiej części skupiono się na zawartościach metali ciężkich w pyłe PM<sub>10</sub> i przedstawiono zmienność stężeń metali ciężkich w omawianym okresie czasu. W ostatniej części pracy przedstawiono zanieczyszczenie powietrza WWA oraz wskazano na problem przekraczania norm ustanowionych dla B(a)P.

### 3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Z analizy danych wynika, że w latach 2011–2015 na stacji monitoringu powietrza w Pile nie wystąpiło przekroczenie dopuszczalnej wartości średniorocznej dla pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub>. Najwyższe średnie roczne stężenie odnotowano w 2014 roku, natomiast najniższe w 2015. Najwyższe stężenie wynosiło 34 µg/m<sup>3</sup>, co stanowi 85% wartości dopuszczalnej. Należy zwrócić uwagę, że zdecydowanie wyższe stężenia obserwowano w sezonie grzewczym, w sezonie letnim stężenie średnie wynosiło około 50% dopuszczalnej normy (tab. 5). Wysokimi stężeniami zanieczyszczeń charakteryzują się miesiące jesienno-zimowe, w których występuje zjawisko niskiej emisji z sektora komunalno-bytowego (tab. 6). W połączeniu z warunkami meteorologicznymi sprzyjającymi ograniczeniu dyspersji zanieczyszczeń (słaba prędkość wiatru, temperatura powietrza około 0°C) dochodzi do występowania sytuacji smogowych. Najniższymi stężeniami zanieczyszczeń charakteryzują się miesiące letnie (czerwiec, lipiec, sierpień) (rys. 1). Mimo, iż nie obserwowano przekroczenia dopuszczalnej wartości średniorocznej w latach 2011–2015, czterokrotnie wystąpiło przekroczenie dopuszczalnej liczby dni z przekroczeniami wartości średniodobowej, która wynosi



50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . W 2014 roku stwierdzono 60 dni z przekroczeniem dopuszczalnej wartości średniodobowej, oznacza to, że przez około 20% roku w Pile oddychano powietrzem złej jakości. Przekroczenia dopuszczalnej liczby dni nie stwierdzono jedynie w 2013 roku.

Tabela 5. Średnioroczne stężenia pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> na stacji monitoringu powietrza w Pile w latach 2011–2015

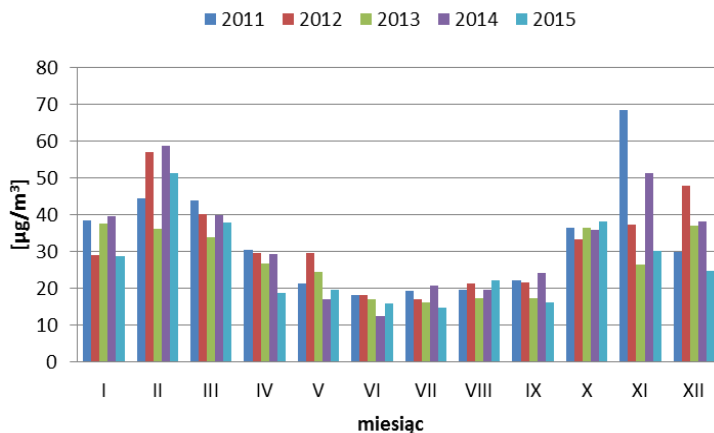
| Rok  | Stężenie<br>średnie<br>roczne | Stęż. śr.<br>roczne<br>w stosunku<br>do wartości<br>dop. | Stężenie<br>średnie<br>w sezonie<br>grzewczym<br>[IX-IV] | Stęż. śr.<br>w sezonie<br>grzewczym<br>w stosunku<br>do wart.<br>dop. | Stężenie<br>średnie<br>w sezonie<br>letnim<br>[V-VIII] | Stęż. średnie<br>w sezonie<br>letnim<br>w stosunku do<br>wart. dop. | Liczba dni<br>z przekrocze-<br>niami pozio-<br>mu dop.<br>w ciągu doby |
|------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | [%]                                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                             | [%]                                                                   | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                           | [%]                                                                 | [dni]                                                                  |
| 2011 | 32,6                          | 81,5                                                     | 39,2                                                     | 98,0                                                                  | 19,6                                                   | 49,0                                                                | <b>57</b>                                                              |
| 2012 | 32,9                          | 82,3                                                     | 37,0                                                     | 92,5                                                                  | 21,5                                                   | 53,8                                                                | <b>56</b>                                                              |
| 2013 | 27,4                          | 68,5                                                     | 31,5                                                     | 78,75                                                                 | 18,7                                                   | 46,8                                                                | <b>34</b>                                                              |
| 2014 | 34,0                          | 85,0                                                     | 39,6                                                     | 99,0                                                                  | 17,5                                                   | 43,8                                                                | <b>60</b>                                                              |
| 2015 | 26,6                          | 66,5                                                     | 30,7                                                     | 76,75                                                                 | 18,2                                                   | 45,5                                                                | <b>38</b>                                                              |

Tabela 6. Średniomiesięczne stężenia pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> na stacji monitoringu powietrza w Pile w latach 2011–2015

| Rok  | Stężenie średnie miesięczne PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|---------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | I                                                                         | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
| 2011 | 38,4                                                                      | 44,4 | 43,8 | 30,4 | 21,3 | 18,2 | 19,3 | 19,6 | 22,1 | 36,5 | 68,3 | 30,0 |
| 2012 | 29,1                                                                      | 57,0 | 40,2 | 29,5 | 29,5 | 18,1 | 17,2 | 21,3 | 21,5 | 33,4 | 37,4 | 47,9 |
| 2013 | 37,7                                                                      | 36,3 | 33,9 | 26,8 | 24,4 | 17,0 | 16,2 | 17,3 | 17,3 | 36,4 | 26,6 | 37,1 |
| 2014 | 39,6                                                                      | 58,8 | 40,0 | 29,4 | 17,2 | 12,5 | 20,7 | 19,7 | 24,1 | 35,8 | 51,3 | 38,1 |
| 2015 | 28,7                                                                      | 51,3 | 37,8 | 18,9 | 19,7 | 16,0 | 14,7 | 22,3 | 16,1 | 38,2 | 30,2 | 24,7 |

Zawartość metali ciężkich w pyłe PM<sub>10</sub> na stacji monitoringu powietrza w Pile nie stanowi problemu. W zdecydowanej większości przypadków w latach 2012–2015 stężenia metali były poniżej granicy oznaczalności (tab. 7), co świadczy o ich bardzo niskim stężeniu w pyłe zawieszonym. W 2011 roku WIOŚ w Poznaniu nie prowadził pomiarów metali ciężkich w PM<sub>10</sub>. Najwyższe stężenia obserwowano w przypadku zawartości Pb w PM<sub>10</sub>, jednak były one znacznie poniżej poziomu dopuszczalnego. W 2013 roku została obniżona granica oznaczalności dla wszystkich metali, jednak i ten zabieg nie pozwolił na oznaczenie zawartości arsenu, kadmu i niklu w PM<sub>10</sub>. W miesiącach zimowych występowały epizody wyższych stężeń poszczególnych me-

tali, dla których możliwe było oznaczenie stężenia w PM<sub>10</sub>. W związku z tym, iż w większości przypadków stężenia metali w pyłe PM<sub>10</sub> były poniżej granicy oznaczalności można stwierdzić, że wartości docelowe dla metali ciężkich w PM<sub>10</sub> nie zostały przekroczone.



Rys. 1. Wartości średniomiesięczne pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> w latach 2011–2015

Zawartość metali ciężkich w pyłe PM<sub>10</sub> na stacji monitoringu powietrza w Pile nie stanowi problemu. W zdecydowanej większości przypadków w latach 2012–2015 stężenia metali były poniżej granicy oznaczalności (tab. 7), co świadczy o ich bardzo niskim stężeniu w pyłe zawieszonym. W 2011 roku WIOŚ w Poznaniu nie prowadził pomiarów metali ciężkich w PM<sub>10</sub>. Najwyższe stężenia obserwowano w przypadku zawartości Pb w PM<sub>10</sub>, jednak były one znacznie poniżej poziomu dopuszczalnego. W 2013 roku została obniżona granica oznaczalności dla wszystkich metali, jednak i ten zabieg nie pozwolił na oznaczenie zawartości arsenu, kadmu i niklu w PM<sub>10</sub>. W miesiącach zimowych występowały epizody wyższych stężeń poszczególnych metali, dla których możliwe było oznaczenie stężenia w PM<sub>10</sub>. W związku z tym, iż w większości przypadków stężenia metali w pyłe PM<sub>10</sub> były poniżej granicy oznaczalności można stwierdzić, że wartości docelowe dla metali ciężkich w PM<sub>10</sub> nie zostały przekroczone.

Analiza stężeń WWA w PM<sub>10</sub> w latach 2011–2015 wykazała coroczne przekroczenia normy docelowej ustanowionej dla B(a)P, który jest wskaźnikiem zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi (tab. 8). W poszczególnych latach norma przekraczana była o 200% do 300%. Również stężenia pozostałych sześciu WWA były na wysokim poziomie. Podobnie jak w przypadku pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> jak i zawartości metali ciężkich w PM<sub>10</sub>, WWA wykazują wyraźną zmienność sezonową. Dużo wyższe stężenia obserwowane są

w miesiącach zimowych, imisja WWA jest wtedy kilkunastokrotnie wyższa niż w miesiącach letnich. Na rys. 2 przedstawiono zmienność sezonową BaP w PM<sub>10</sub>. Z analizy danych wynika iż wyraźnie wyższe stężenia występowały w miesiącach sezonu grzewczego, najwyższe w grudniu, styczniu i lutym. Podobną zależność obserwowano w przypadku wszystkich oznaczanych WWA (rys. 3). Najwyższymi stężeniami B(a)P, podobnie jak w przypadku pozostałych omawianych zanieczyszczeń charakteryzował się 2014 rok.

Tabela 7. Średniomiesięczne wartości stężenia metali ciężkich w pyłe PM<sub>10</sub> na stanowisku monitoringu powietrza w Pile

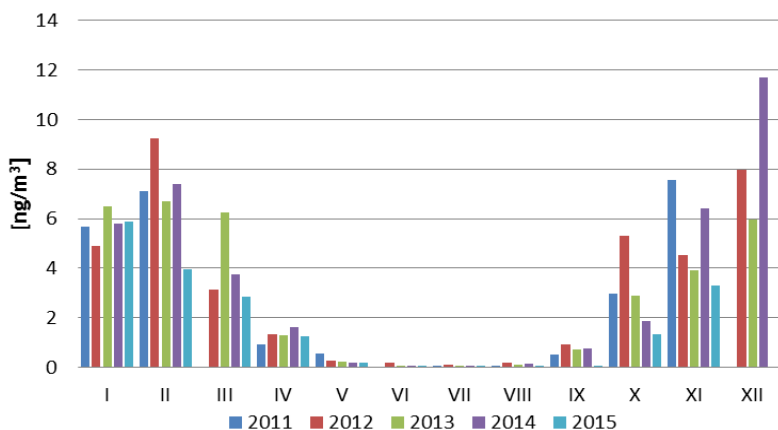
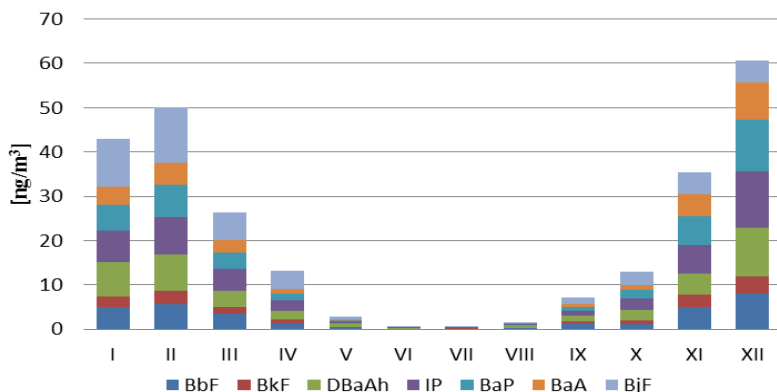
| Metal                   | Stężenie średnie miesięczne |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |
|-------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
|                         | I                           | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   | gr. oznacz. |
|                         | 2012                        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |
| As [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | 2,24  | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 2,24  | 1,8         |
| Cd [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 1           |
| Ni [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 3           |
| Pb [μg/m <sup>3</sup> ] | <go                         | 0,03  | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 0,035 | 0,024       |
|                         | 2013                        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |
| As [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 1,8         |
| Cd [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 1           |
| Ni [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 3           |
| Pb [μg/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 0,024       |
|                         | 2014                        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |
| As [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 1,5         |
| Cd [ng/m <sup>3</sup> ] | 0,55                        | 0,55  | 0,37  | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 0,3         |
| Ni [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 1,5         |
| Pb [μg/m <sup>3</sup> ] | 0,014                       | 0,021 | 0,01  | 0,006 | 0,007 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,008 | 0,015 | 0,014 | 0,002       |
|                         | 2015                        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |
| As [ng/m <sup>3</sup> ] | 1,29                        | 1,86  | 1,12  | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 3,35  | <go   | 1           |
| Cd [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | 0,3   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 0,41  | 0,66  | 0,49  | 0,2         |
| Ni [ng/m <sup>3</sup> ] | <go                         | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | <go   | 1           |
| Pb [μg/m <sup>3</sup> ] | 0,006                       | 0,011 | 0,011 | 0,006 | <go   | <go   | 0,004 | 0,002 | 0,005 | 0,013 | 0,006 | 0,004 | 0,002       |

• go – granica oznaczalności

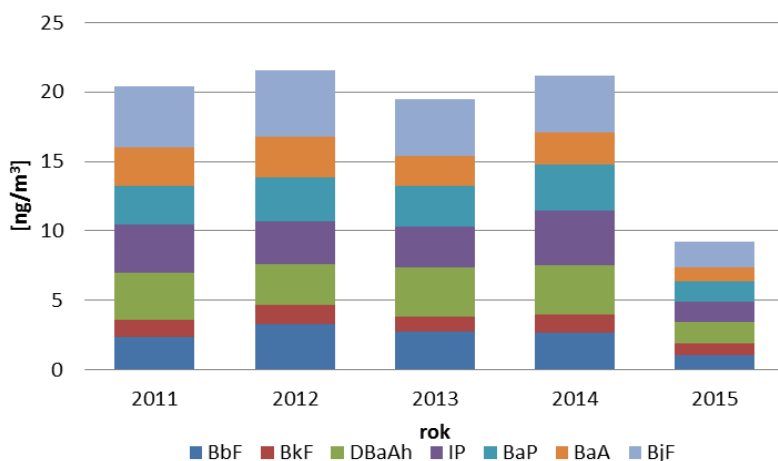
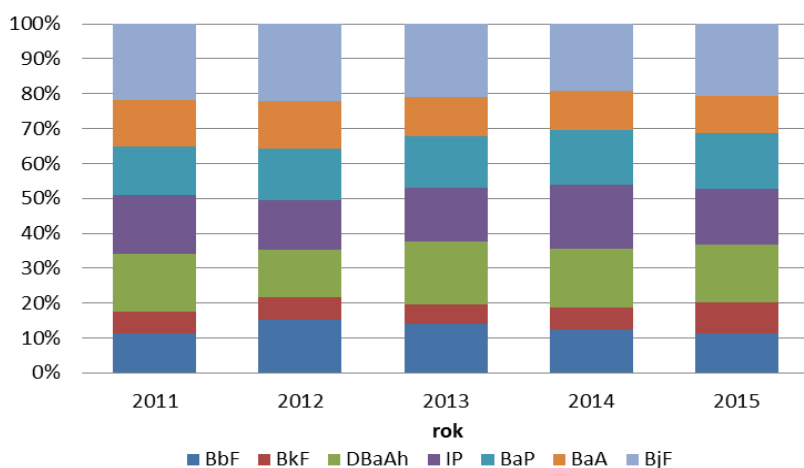
Tabela 8. Średnimiesięczne oraz średnioroczne stężenia siedmiu WWA w PM<sub>10</sub> w latach 2011–2015

| WWA     | Stężenie średniomiesięczne [ng/m³] |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |             |
|---------|------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------------|
|         | I                                  | II    | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI    | XII   | śr.         |
|         | 2011                               |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |             |
| B(b)F   | 6,90                               | 6,91  | bd   | 1,56 | 1,07 | bd   | 0,10 | 0,07 | 0,82 | 2,68 | 0,92  | bd    | 2,34        |
| B(k)F   | 2,82                               | 2,74  | bd   | 0,46 | 0,31 | bd   | 0,05 | 0,10 | 0,29 | 1,04 | 3,29  | bd    | 1,23        |
| DB(ah)A | 9,52                               | 7,66  | bd   | 1,74 | 0,89 | bd   | 0,03 | 0,17 | 0,73 | 3,99 | 5,72  | bd    | 3,38        |
| IP      | 7,69                               | 7,49  | bd   | 1,35 | 0,94 | bd   | 0,06 | 0,08 | 0,82 | 2,72 | 10,07 | bd    | 3,47        |
| B(a)P   | 5,67                               | 7,11  | bd   | 0,92 | 0,57 | bd   | 0,03 | 0,05 | 0,51 | 2,97 | 7,55  | bd    | <b>2,82</b> |
| B(a)A   | 6,73                               | 5,89  | bd   | 0,73 | 0,56 | bd   | 0,04 | 0,05 | 0,52 | 2,14 | 7,92  | bd    | 2,73        |
| B(j)F   | 12,62                              | 9,03  | bd   | 1,91 | 0,72 | bd   | 0,05 | 0,14 | 0,74 | 1,89 | 12,93 | bd    | 4,45        |
|         | 2012                               |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |             |
| B(b)F   | 6,58                               | 7,80  | 3,43 | 1,90 | 0,47 | 0,20 | 0,27 | 0,49 | 1,20 | 4,36 | 4,81  | 7,68  | 3,27        |
| B(k)F   | 2,29                               | 2,74  | 1,27 | 0,66 | 0,14 | 0,11 | 0,06 | 0,14 | 0,39 | 2,01 | 2,90  | 4,16  | 1,41        |
| DB(ah)A | 4,22                               | 6,13  | 3,34 | 1,81 | 0,41 | 0,14 | 0,17 | 0,53 | 1,29 | 4,43 | 5,02  | 7,25  | 2,90        |
| IP      | 6,96                               | 5,46  | 2,76 | 1,25 | 0,26 | 0,15 | 0,10 | 0,25 | 1,09 | 4,51 | 5,50  | 8,65  | 3,08        |
| B(a)P   | 4,91                               | 9,24  | 3,14 | 1,35 | 0,27 | 0,17 | 0,09 | 0,20 | 0,93 | 5,29 | 4,54  | 7,98  | <b>3,18</b> |
| B(a)A   | 6,25                               | 8,50  | 2,85 | 0,86 | 0,13 | 0,11 | 0,06 | 0,12 | 0,42 | 4,22 | 3,91  | 7,78  | 2,96        |
| B(j)F   | 6,36                               | 15,74 | 5,47 | 2,40 | 0,30 | 0,17 | 0,09 | 0,26 | 1,79 | 5,00 | 8,69  | 10,77 | 4,75        |
|         | 2013                               |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |             |
| B(b)F   | 5,75                               | 6,71  | 4,95 | 2,19 | 0,93 | 0,21 | 0,15 | 0,26 | 1,07 | 2,32 | 3,68  | 4,20  | 2,70        |
| B(k)F   | 2,48                               | 2,30  | 2,12 | 0,72 | 0,22 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,40 | 1,40 | 1,93  | 1,86  | 1,14        |
| DB(ah)A | 7,67                               | 7,19  | 6,93 | 2,53 | 0,69 | 0,16 | 0,26 | 0,32 | 1,40 | 4,58 | 4,06  | 6,34  | 3,51        |
| IP      | 5,63                               | 5,37  | 5,94 | 1,87 | 0,43 | 0,11 | 0,09 | 0,19 | 1,31 | 3,74 | 4,54  | 6,41  | 2,97        |
| B(a)P   | 6,50                               | 6,69  | 6,23 | 1,27 | 0,21 | 0,05 | 0,05 | 0,09 | 0,73 | 2,88 | 3,91  | 5,98  | <b>2,88</b> |
| B(a)A   | 5,06                               | 5,03  | 4,41 | 1,01 | 0,17 | 0,08 | 0,08 | 0,04 | 0,66 | 2,03 | 3,64  | 4,36  | 2,21        |
| B(j)F   | 7,79                               | 9,72  | 6,84 | 2,49 | 0,45 | 0,08 | 0,11 | 0,09 | 1,61 | 6,43 | 5,95  | 7,39  | 4,08        |
|         | 2014                               |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |             |
| B(b)F   | 5,06                               | 5,74  | 3,43 | 1,39 | 0,34 | 0,07 | 0,11 | 0,18 | 1,38 | 1,09 | 5,00  | 8,10  | 2,66        |
| B(k)F   | 2,29                               | 2,83  | 1,54 | 0,74 | 0,19 | 0,06 | 0,06 | 0,13 | 0,44 | 0,79 | 2,72  | 3,90  | 1,31        |
| DB(ah)A | 7,70                               | 8,20  | 3,67 | 1,96 | 0,74 | 0,17 | 0,10 | 0,52 | 1,31 | 2,41 | 4,74  | 10,80 | 3,53        |
| IP      | 7,30                               | 8,52  | 4,92 | 2,31 | 0,59 | 0,10 | 0,10 | 0,32 | 1,10 | 2,67 | 6,60  | 12,80 | 3,94        |
| B(a)P   | 5,79                               | 7,41  | 3,76 | 1,60 | 0,20 | 0,06 | 0,05 | 0,13 | 0,77 | 1,87 | 6,40  | 11,70 | <b>3,31</b> |
| B(a)A   | 4,04                               | 4,89  | 2,86 | 1,02 | 0,16 | 0,05 | 0,07 | 0,11 | 0,61 | 1,19 | 5,00  | 8,30  | 2,36        |
| B(j)F   | 10,70                              | 12,40 | 6,18 | 4,07 | 0,72 | 0,09 | 0,10 | 0,16 | 1,48 | 2,87 | 4,90  | 5,06  | 4,06        |
|         | 2015                               |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |             |
| B(b)F   | 3,31                               | 3,27  | 2,46 | 1,28 | 0,09 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,09 | 1,06 | 2,27  | bp    | 1,06        |
| B(k)F   | 1,70                               | 2,17  | 1,88 | 0,74 | 0,16 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,11 | 0,67 | 2,78  | bp    | 0,80        |
| DB(ah)A | 4,73                               | 3,63  | 3,70 | 1,50 | 0,61 | 0,24 | 0,18 | 0,30 | 0,60 | 1,61 | 2,98  | bp    | 1,55        |
| IP      | 5,07                               | 2,79  | 3,01 | 1,07 | 0,59 | 0,16 | 0,08 | 0,11 | 0,24 | 2,23 | 3,34  | bp    | 1,47        |
| B(a)P   | 5,89                               | 3,94  | 2,84 | 1,23 | 0,18 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 1,33 | 3,30  | bp    | <b>1,48</b> |
| B(a)A   | 2,95                               | 3,34  | 1,72 | 0,91 | 0,14 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,94 | 2,48  | bp    | 0,98        |
| B(j)F   | 8,88                               | 3,38  | 3,00 | 1,31 | 0,32 | 0,05 | 0,20 | 0,14 | 0,19 | 2,99 | 3,74  | bp    | 1,91        |

bp – brak pomiarów

Rys. 2. Średniomiesięczne stężenia B(a)P w PM<sub>10</sub> a latach 2011–2015Rys. 3. Średniomiesięczne stężenia siedmiu WWA w PM<sub>10</sub> w 2014 roku

W latach 2011–2015 suma siedmiu WWA w PM<sub>10</sub> w kształtowała się na zbliżonym poziomie. Najwyższe stwierdzone stężenia wystąpiły w 2012 i 2014 roku (rys. 4). Spośród wszystkich badanych WWA, w każdym z analizowanych lat, najwyższą ilość w PM<sub>10</sub> stanowił benzo(j)fluoroanten (około 20% sumy wszystkich WWA), w dalszej kolejności benzo(a)piren, indeno(1,2,3-)piren, dibenzo(a,h)antracen oraz benzo(b)fluoranten. Zdecydowanie najmniej stwierdzono benzo(k)fluorantenu (rys. 5).

Rys. 4. Suma siedmiu WWA w PM<sub>10</sub> w latach 2011–2015

Rys. 5. Udział poszczególnych WWA w sumie siedmiu WWA w latach 2011–2015

Reasumując, na stanowisku monitoringu powietrza w Pile nie stwierdzono przekroczeń średniorocznej wartości dopuszczalnej dla pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub>, jednakże w każdym z analizowanych lat stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej liczby dni w ciągu roku z przekroczeniem wartości średniodobowej (z wyjątkiem 2013 r.). Zawartość metali ciężkich w pyłe PM<sub>10</sub> w każdym roku kształtowała się poniżej poziomu docelowego. W przypadku stężenia B(a)P w PM<sub>10</sub> obserwowano przekroczenie wartości docelowej. Stężenia pozostałych WWA również były na wysokim poziomie. Dla wszystkich analizowanych zanieczyszczeń zaobserwowano

zależność – zdecydowanie wyższe stężenia w okresie jeziennno-zimowym. Świadczy to o wpływie niskiej emisji na kształtowanie jakości powietrza na terenie miasta Piła.

#### 4. WNIOSKI

Z przedstawionych danych wynika, iż na terenie miasta Piła występuje problem z jakością powietrza. Przekraczane są dopuszczalne normy ustalone dla pyłu zawieszonego  $PM_{10}$  i B(a)P. Stężenia pozostałych WWA również kształtowały się na wysokim poziomie.

Stężenie pyłu zawieszonego  $PM_{10}$  na terenie innych miast Wielkopolski jest wyższe niż w Pile [3]. Zdecydowanie najgorsza jakość powietrza pod względem zanieczyszczenia powietrza pyłem  $PM_{10}$  w regionie występuje w Kaliszu. Wyższe zanieczyszczenie obserwuje się województwach południowych Polski. Dla porównania województwa nadmorskie charakteryzują się najlepszą jakością powietrza w Polsce, występują tam silniejsze wiatry oraz teren jest mniej uprzemysłowiony, co w konsekwencji wpływa na dobrą jakość powietrza w tym regionie [10]. Piła znajduje się na północy województwa, panują tam dobre warunki do dyspersji zanieczyszczeń, poza tym rejon ten jest ubogi w przemysł, w przeciwieństwie do wschodniej części województwa, gdzie duży obszar zajęty jest przez przemysł wydobywczy i energetyczny.

Zanieczyszczenie powietrza metalami ciężkimi na terenie Piły znajduje się na poziomie poniżej określonego poziomu docelowego i dopuszczalnego. Podobne zależności obserwuje się na terenie województwa Wielkopolskiego i całego kraju [10, 29–32].

Zanieczyszczenie powietrza B(a)P na terenie kraju jest istotnym problemem. Miasto Piła nie jest wyjątkiem od tej sytuacji. Spalanie paliw stałych niskiej jakości, czy odpadów w domowych kotłowniach oraz wzmożony ruch samochodowy sprzyjają emisji szkodliwych WWA do środowiska. Na terenie Polski obserwuje się zależność, zgodnie z którą zdecydowanie niższe stężenia wielopierścieniowych węglowodorów występują na stanowiskach tła pozamiejskiego oraz na stanowiskach miejskich w miejscowościach nadmorskich [16]. Silne wiatry w tychże miejscowościach sprzyjają dyspersji zanieczyszczeń wpływając w ten sposób na poprawę jakości powietrza. Na podstawie pomiarów prowadzonych przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska można przyjąć, że im wyższe jest stężenie pyłu  $PM_{10}$  w powietrzu tym większy jest procentowy udział WWA w  $PM_{10}$ . Zgodnie z powyższym, na obszarach o wysokim stężeniu  $PM_{10}$  stężenia WWA rosną proporcjonalnie w większym stopniu niż stężenia  $PM_{10}$ .

*Praca współfinansowana w ramach zlecenia B50601 z dotacji celowej przyznawanej dla Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej (W-7) przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich w roku 2015/2016.*

## LITERATURA

- [1] ATKINSON R.W., MILLS I.C., WALTON H.A., ANDERSON H.R., *Fine particle components and health – a systematic review and meta analysis of epidemiological time series studies of daily mortality and hospital admissions*, Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2015, Vol. 25, 208–2014.
- [2] BAXTER L.K. DUVALL R.M., SACKS J., *Examining the effects of air pollution composition on within region differences in PM<sub>2.5</sub> mortality risk estimates*, Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2013, Vol. 23, 457–465.
- [3] CHLEBOWSKA A., SÓWKA I., *Trendy zmian stężeń oraz składu pyłu zawieszonego (PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub>) na przykładzie wybranych miast wielkopolski*, [w]: Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Tom 6, pod red. A. Kotowskiego, K. Piekarskiej i B. Kaźmierczaka, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2015, 40–53.
- [4] DAHER N., SALIBA N., SHIHADDEH A.L., JAAFAR M., BAALBAKI R., SHAFER M.M., SCHAUER J.J., SIOUTAS C., *Oxidative potential and chemical speciation of size-resolved particulate matter (PM) at near-freeway and urban background sites in the greater Beirut area*, Science of the Total Environment, 2014, 417–426.
- [5] DUVALL R.M., MAJESTIC B.J., SHAFER M.M., CHUANG P.Y., SIMONEIT B.R.T., SCHAUER J.J., *The water-soluble fraction of carbon, sulfur and crustal elements in Asian aerosols and Asian soils*, Atmospheric Environment, 2008, Vol. 42, 5872–5884.
- [6] EC, *Council Directive 2004/107/EC relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air*.
- [7] ENGLERT N., *Fine particles and human health – a review of epidemiological studies*, Toxicology Letters, 2004, 149–235.
- [8] GUO Y., WU K., HUO X., XU X., *Sources, distribution and toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*, Journal of Environmental Health, 2011, Vol. 73, 22–25.
- [9] HENNER P., SCHIAVON M., MOREL J.L., LICHTFOUSE E., *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Occurance and Remediation Methods*, Analusis, 1997, Vol. 25, M56–M59.
- [10] <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/maps/air/quality/type/R>
- [11] INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, KRAJOWY OŚRODEK BILANSOWANIA I ZARZĄDZANIA EMISJAMI, *Poland's informative inventory report 2015 Submission under the UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*, Warszawa 2015.
- [12] KARLSSON H., GUSTAFSSON J., CRONHOLM P., MÖLLER L., *Size-dependent toxicity of metal oxide particles – a comparison between nano- and micrometer size*, Toxicology Letters, Vol. 188, 112–118.
- [13] LIM S., LEE M., LEE G., KIM S., YOON S., KANG K., *Ionic and carbonaceous compositions of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1.0</sub> at Gosan ABC Superstation and their ratios as source signature*, Atmospheric Chemistry and Physics, 2012, Vol. 12, 2007–2024.



- [14] LIPPMANN M., *Environmental toxicants: human exposure and their health effects*, Third Edition, John Wiley & Sons, 2008.
- [15] MASSOLO L., MULLER A., TUEROS M., REHWAGEN M., FRANCK U., RONCO A., HERBATH O., *Assessment of mutagenicity and toxicity of different-size fractions of air particulates from La Plata, Argentina and Leipzig, Germany*, *Environmental Toxicology*, 2002, Vol. 17, 219–231.
- [16] PAŃSTWOWY MONITORING ŚRODOWISKA – INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA, *Zanieczyszczenie powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi na stacjach tła miejskiego w 2014 roku*, Warszawa 2015.
- [17] PASHIN Y.V., BAKHITOVA L., *Mutagenic and Carcinogenic Properties of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*, *Environmental Health Perspectives*, 1979, Vol. 30, 185.
- [18] PASTUSZKA J. S., ROGULA-KOZŁOWSKA W., KLEJNOWSKI K., ROGULA-KOPIEC P., *Optical Properties of Fine Particulate Matter in Upper Silesia, Poland*, *Atmosphere*, 2015, Vol. 6, 1521–1538.
- [19] POPE C.A., DOCKERY D.W., *Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect*, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2006, Vol. 56, 709–742.
- [20] ROGULA KOZŁOWSKA W., *Size-segregated urban particulate matter: mass closure, chemical composition, and primary and secondary matter content*, *Air Quality, Atmosphere and Health*, 2015.
- [21] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z 13 września 2012 roku w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu, Dz.U. 2012 poz. 1032.
- [22] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu, Dz.U. 2012 poz. 1031.
- [23] SÓWKA I., ZWOŹDZIAK A., TRZEPLA-NABAGLO K., SKRĘTOWICZ M., ZWOŹDZIAK J., *PM<sub>2.5</sub> elemental composition and source apportionment in residential area of Wrocław, Poland*, *Environment Protection Engineering*, 2012, Vol. 38, 73–79.
- [24] SWAINE D.W., *Why trace elements are important*, *Fuel Process Technol.*, 2000, Vol. 65–66, 21–33.
- [25] WANG Y., KHALIZOV A., LEVY M., ZHANG R., *New directions: Light absorbing aerosols and their atmospheric impacts*, *Atmospheric Environment*, 2013, Vol. 81, 713–715.
- [26] WHO, *Air quality guidelines for Europe, 2<sup>nd</sup> end*, Regional Office for Europe 2000, Copenhagen.
- [27] WIECZOREK J., WIECZOREK Z., MOZOLEWSKI W., POMIANOWSKI J., *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM<sub>10</sub>*, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2011, Vol. 50, No. 2, 26–27.
- [28] WŁÓKA D., KACPRZAK M., GROBELAK A., GROSSER A., NAPORA A., *The Impact of PAHs Contamination on the Physicochemical Properties and Microbiological activity of Industrial Soils*, *Polycyclic Aromatic Compounds*, 2014, Vol. 35, 372–386.
- [29] WOJEWÓDZKI INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA W POZNANIU, *Roczna ocena jakości powietrza w województwie wielkopolskim za 2011 rok*, Poznań 2012.
- [30] WOJEWÓDZKI INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA W POZNANIU, *Roczna ocena jakości powietrza w województwie wielkopolskim za 2012 rok*, Poznań 2013.
- [31] WOJEWÓDZKI INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA W POZNANIU, *Roczna ocena jakości powietrza w województwie wielkopolskim za 2013 rok*, Poznań 2014.
- [32] WOJEWÓDZKI INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA W POZNANIU, *Roczna ocena jakości powietrza w województwie wielkopolskim za 2014 rok*, Poznań 2015.
- [33] ZHANG W., LEI T., LIN Z.Q., ZHANG H.S., YANG D.F., XI Z.G., CHEN J.H., WANG W., *Pulmonary toxicity study in rats with PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>: differential responses related to scale and composition*, *Atmospheric Environment*, 2011, Vol. 45, 1034–1041.

- [34] ŻABICKI R., *Pomiary stężeń pyłu  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$  metodą grawimetryczną pobornikami sekwencyjnymi wysoko i niskoobjętościowymi*, Laboratorium WIOŚ w Poznaniu.

#### ANALYSIS OF THE PARTICULATE MATTER ( $PM_{10}$ ) COMPOSITION AT THE URBAN BACKGROUND MEASUREMENT STATION IN PIŁA

The aim of the study was to analyze the concentrations and composition of  $PM_{10}$  at urban background station in the Wielkopolska voivodship in the Piła city in 2011-2015. For this purpose, the data from the database of the Regional Inspectorate for Environmental Protection in Poznań was used. The annual average concentrations of  $PM_{10}$ , heavy metals in  $PM_{10}$  and PAHs in  $PM_{10}$  were presented. It has been indicated that in the Piła city there is a problem with particulate matter  $PM_{10}$  and PAHs pollution. In case of heavy metals The highest concentrations of pollutants in the winter season suggest that for the low air quality in Piła is responsible the phenomenon of low-emissions from the municipal sector.