



INSTYTUT PODSTAW INŻYNIERII ŚRODOWISKA POLSKIEJ AKADEMII NAUK

ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze

tel. 32 271 64 81, 32 271 70 40, fax 32 271 74 70
ipis@ipis.zabrze.pl, www.ipis.zabrze.pl, www.ipis.pan.pl
NIP: 648-000-67-20 REGON: 000558009

Laboratorium Badawcze IPIŚ PAN

Akredytowane analizy wód, ścieków, gleb i odpadów oraz pomiary stężeń gazowych i pyłowych zanieczyszczeń powietrza:

Badania chemiczne:

- gazów odlotowych
- gleby
- wody
- ścieków
- pyłów
- odpadów

Badania dotyczące inżynierii środowiska:

- QAL2 i AST automatycznych systemów monitoringu (AMS)
- urządzeń odpylających gazy odlotowe.

Badania właściwości fizycznych

- wody
- ścieków
- gazów odlotowych

Pobieranie próbek:

- gazów odlotowych
- wody powierzchniowej
- osadów
- ścieków
- gleby

Gospodarka Wodna i Ochrona Wód

Monitoring środowiska wodnego, rekultywacja środowiska wodnego, analizy laboratoryjne wód i ścieków.

Magnetyzm Środowiska i Rekultywacja

Wykorzystanie magnetometrii do badań stanu i jakości gleb. Projekty rekultywacji technicznej i biologicznej terenów przemysłowych, analiza stanu środowiska glebowego. Badania wpływu zieleni na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń i kształtowanie klimatu.

Zanieczyszczenia Obszarowe Środowiska

Ekspertyzy, oceny i projekty w zakresie gospodarki odpadami przemysłowymi, badania fizykochemiczne odpadów przemysłowych.

Ochrona Powietrza

Badania emisji i imisji. Ekspertyzy w zakresie oddziaływania zanieczyszczeń powietrza na środowisko. Weryfikacja wskaźników emisji.

Gospodarka Odpadami

Badania w zakresie usuwania zanieczyszczeń z wód i ścieków metodami sorpcji przy użyciu mineralnych i organogenicznych surowców naturalnych oraz odpadowych. Opracowanie nowych technik i technologii odzysku /unieszkodliwiania odpadów.

SPRAWOZDANIE

Ocena stężenia pyłu PM₁₀, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2021 r.

Wykonano 4 egzemplarze dla:

Egzemplarz nr 1 – Gmina Skawina

Egzemplarz nr 2 – Gmina Skawina

Egzemplarz nr 3 – Gmina Skawina

Egzemplarz nr 4 – Biblioteka IPIŚ PAN

Nr wewnętrzny: C2-101/2021/NP-I

Zleceniodawca: **Gmina Skawina**
Rynek 1
32 - 050 Skawina

SPRAWOZDANIE

Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2021 r.

Autorzy: dr inż. Krzysztof Klejnowski (kierownik pracy)
prof. dr hab. inż. Marianna Czaplicka
dr inż. Halina Pyta
dr inż. Barbara Mathews
dr Barbara Błaszczak
dr inż. Patrycja Rogula-Kopiec
dr inż. Kamila Widziewicz-Rzońca
mgr Krzysztof Słaby
lic. Monika Błaszczak

Kierownik Zakładu: dr inż. Krzysztof Klejnowski

Dyrektor Instytutu: prof. dr hab. inż. Marianna Czaplicka

Spis treści

Spis rysunków	5
Spis tabel	6
1. Cel i zakres badań	7
2. Metodyka badań	10
2.1 Pomiar stężeń pyłu PM ₁₀	10
2.2 Oznaczanie metali w pyle PM ₁₀	11
2.3 Oznaczanie WWA w pyle PM ₁₀	13
3. Wyniki badań	15
3.1 Stężenia pyłu PM ₁₀	15
3.2 Stężenia wybranych metali w pyle PM ₁₀	21
3.3 Stężenie wybranych WWA w pyle PM ₁₀	26
4. Analiza wyników	33
5. Podsumowanie i wnioski	37
6. Materiały źródłowe	39

Spis rysunków

Rysunek 1. Lokalizacji stanowiska pomiarowego (N: 49.976647; E: 19.813679) oraz widok niskoprzepływowego pobornika μ PNS LVS16 firmy MCZ	10
Rysunek 2. Przebieg serii stężeń dobowych pyłu zawieszonego PM ₁₀ – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.01–31.12.2021 r.....	16
Rysunek 3. Rozkład częstości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM ₁₀ – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.01–31.12.2021 r.....	16
Rysunek 4. Zmienność średnich dobowych stężeń PM ₁₀ na tle zmienności podstawowych parametrów meteorologicznych – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.01–31.12.2021 r.	17
Rysunek 5. Przebieg serii stężeń dobowych pyłu PM ₁₀ z zaznaczonymi kierunkami wiatru – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.01-30.06.2021 r.....	18
Rysunek 6. Przebieg serii stężeń dobowych pyłu PM ₁₀ z zaznaczonymi kierunkami wiatru – punkt pomiarowy w Skawinie, okres:1.07-31.12.2021 r.....	19
Rysunek 7. Róża stężeń pyłu PM ₁₀ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] za okres 1.01–31.12.2021 r. wraz z różą kierunków wiatru (<i>lewy górny róg</i>) na podkładzie mapowym Google.com z zaznaczeniem lokalizacji stanowiska pomiarowego.....	20
Rysunek 8. Stężenie arsenu (As), kadmu (Cd), kobaltu (Co), niklu (Ni) i wanadu (V) [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] w próbkach tygodniowych pyłu PM ₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	23
Rysunek 9. Stężenie chromu (Cr), miedzi (Cu) i ołowiu (Pb) [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] w próbkach tygodniowych pyłu PM ₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	24
Rysunek 10. Stężenie cynku (Zn) i glinu (Al) [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] w próbkach tygodniowych pyłu PM ₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	25
Rysunek 11. Stężenie wybranych WWA [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten) w próbkach tygodniowych pyłu PM ₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	30
Rysunek 12. Stężenie wybranych WWA [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] (piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten) w próbkach tygodniowych pyłu PM ₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	31
Rysunek 13. Stężenie wybranych WWA [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] (benzo(a)piren, indeno(123-cd)piren, dibenzo(ah)antracen, benzo(ghi)perylene) w próbkach tygodniowych pyłu PM ₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	32

Spis tabel

Tabela 1.	Wykaz próbek składanych pyłu PM10 z całego okresu pomiarowego (04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	8
Tabela 2.	Wartości niepewności rozszerzonej dla oznaczeń metali.....	14
Tabela 3.	Wartości niepewności rozszerzonej dla oznaczeń WWA	14
Tabela 4.	Statystyki opisowe średnich dobowych stężeń pyłu PM10 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] w całym okresie pomiarowym (1.01–24.11.2021 r.) oraz w podziale na sezony i miesiące – punkt pomiarowy w Skawinie	15
Tabela 5.	Stężenia wybranych metali [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] w tygodniowych próbkach pyłu PM10 ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	21
Tabela 6.	Stężenie wybranych WWA [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] w próbkach tygodniowych pyłu PM10 ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.).....	26

1. Cel i zakres badań

Praca została zrealizowana zgodnie z zapisami umowy Nr OP/1/2021 z dnia 04.01.2021 r., zawartej pomiędzy Gminą Skawina a Instytutem Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk w Zabrze (IPIŚ PAN).

Celem pracy była ocena jakości powietrza na terenie miasta Skawina w zakresie stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ oraz stężenia zawartych w tym pyłe metali (Me) i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Podstawą oceny były ciągłe grawimetryczne pomiary stężenia pyłu PM₁₀, prowadzone w Skawinie od początku 2021 r. na jednym stanowisku stacjonarnym, którym towarzyszyła ciągła rejestracja głównych parametrów meteorologicznych. Próbkki pyłu, wydzielane w trybie 24-godzinnym, były następnie, jako tzw. próbki składane (7-dobowe), poddawane analizie chemicznej w celu określenia zawartości ww. składników.

W niniejszym raporcie przedstawiono ocenę wyników pomiarów przeprowadzonych w okresie od stycznia do grudnia 2021 r. w następującym zakresie:

- zmiany stężenia pyłu PM₁₀ (pomiaru średniodobowe, 24h od 1.01.2021 do 31.12.2021 włącznie);
- zmiany parametrów meteorologicznych (wyniki uśrednione w ciągu 1h i 24h od 1.01.2021 do 31.12.2021 włącznie);
- zmiany stężenia wybranych metali – arsenu (As), kadmu (Cd), kobaltu (Co), chromu (Cr), miedzi (Cu), niklu (Ni), ołowiu (Pb), cynku (Zn), glinu (Al) i wanadu (V) w 7-dobowych składanych próbkach pyłu PM₁₀ (od 4.01.2021 r. do 02.01.2022 r. włącznie);
- zmiany stężenia 16 WWA: naftalenu (Na), acenaftyleny (Acy), acenaftenu (Ace), fluorenu (Fl), fenantrenu (Phen), antracenu (An), fluorantenu (Fluo), pirenu (Pyr), benzo(a)antracenu (B(a)A), chryzenu (Chry), benzo(b)fluorantenu (B(b)F), benzo(k)fluorantenu (B(k)F), benzo(a)pirenu (B(a)P), indeno(1,2,3-cd)pirenu (I(cd)P), dibenzo(a,h)antracenu (D(ah)A), benzo(g,h,i)perylenu (B(ghi)P) w 7-dobowych składanych próbkach pyłu PM₁₀ (od 4.01.2021 r. do 02.01.2022 r. włącznie).

Wykaz próbek składanych, przeznaczonych do analizy na zawartość metali i WWA, zamieszczono w Tabeli 1.

Tabela 1. Wykaz próbek składanych pyłu PM₁₀ z całego okresu pomiarowego (04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.

Nr próbki składanej	Data (Uwagi)	Sezon: H – grzewczy NH – niegrzewczy
1	04.01– 10.01.2021 r.	H
2	11.01 – 17.01.2021 r.	H
3	18.01 – 24.01.2021 r.	H
4	25.01 – 31.01.2021 r.	H
5	01.02 – 07.02.2021 r.	H
6	08.02 – 14.02.2021 r.	H
7	15.02 – 21.02.2021 r.	H
8	22.02 – 28.02.2021 r.	H
9	01.03 – 07.03.2021 r.	H
10	08.03 – 14.03.2021 r.	H
11	15.03 – 21.03.2021 r.	H
12	22.03 – 28.03.2021 r.	H
13	29.03 – 04.04.2021 r.	H
14	05.04 – 11.04.2021 r.	NH
15	12.04 – 18.04.2021 r.	NH
16	19.04 – 25.04.2021 r.	NH
17	26.04 – 02.05.2021 r.	NH
18	03.05 – 09.05.2021 r.	NH
19	10.05 – 16.05.2021 r.	NH
20	17.05 – 23.05.2021 r.	NH
21	24.05 – 30.05.2021 r.	NH
22	31.05 – 06.06.2021 r.	NH
23	07.06 – 13.06.2021 r.	NH
24	14.06 – 20.06.2021 r.	NH
25	21.06 – 27.06.2021 r.	NH
26	28.06 – 04.07.2021 r.	NH
27	05.07 – 11.07.2021 r.	NH
28	12.07 – 18.07.2021 r.	NH
29	19.07 – 25.07.2021 r.	NH

Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2021 r.

Nr próbki składanej	Data (Uwagi)	Sezon: H – grzewczy NH – niegrzewczy
30	26.07 – 01.08.2021 r.	NH
31	02.08 – 08.08.2021 r.	NH
32	09.08 – 15.08.2021 r.	NH
33	16.08 – 22.08.2021 r.	NH
34	23.08 – 29.08.2021 r.	NH
35	30.08 – 05.09.2021 r.	NH
36	06.09 – 12.09.2021 r.	NH
37	13.09 – 19.09.2021 r.	NH
38	20.09 – 26.09.2021 r.	NH
39	27.09 – 03.10.2021 r.	H
40	04.10 – 10.10.2021 r.	H
41	11.10 – 17.10.2021 r.	H
42	18.10 – 24.10.2021 r.	H
43	25.10 – 31.10.2021 r.	H
44	01.11 – 07.11.2021 r.	H
45	08.11 – 14.11.2021 r.	H
46	15.11 - 21.11.2021 r.	H
47	22.11 - 28.11.2021 r.	H
48	29.11 - 05.12.2021 r.	H
49	06.12 - 12.12.2021 r.	H
50	13.12 - 19.12.2021 r.	H
51	20.12 - 26.12.2021 r.	H
52	27.12.2021 r. - 02.01.2022 r.	H

W opracowaniu zamieszczono również wykresy przebiegu zmienności stężeń pyłu PM₁₀ oraz zestawienia parametrów statystycznych dla całej serii pomiarowej oraz wyniki oznaczeń wybranych substancji w pobranych próbkach pyłu PM₁₀.

2. Metodyka badań

2.1 Pomiar stężeń pyłu PM₁₀

Pomiary stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ wykonywano metodą grawimetryczną zgodnie z normą PN-EN 12341-2014-07. Badania prowadzono w okresie 1.01-31.12.2021 r. w punkcie pomiarowym zlokalizowanym na terenie Stadionu Miejskiego w Skawinie (ul. A. Mickiewicza 27, 32-050 Skawina) (Rysunek 1). Do poboru dobowych próbek PM₁₀ wykorzystano referencyjny niskoprzepływowy pobornik μ PNS LVS16 produkcji MCZ, spełniający wymogi ww. normy, o przepływie $2.3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, wyposażony w chłodzony przedział odbiorczy na filtry po ekspozycji.

Pył gromadzono na filtrach z włókna kwarcowego (Whatman QMC, średnica: 47 mm). Do uzyskania frakcji pyłu PM₁₀ wykorzystywano głowicę separacyjną, której konstrukcja została opisana we wspomnianej normie.



Rysunek 1. Lokalizacji stanowiska pomiarowego (N: 49.976647; E: 19.813679) oraz widok niskoprzepływowego pobornika μ PNS LVS16 firmy MCZ

Przed ważeniem filtry nieobciążone (czyste, przed ekspozycją) były kondycjonowane w pokoju wagowym, w kabinie laminarnej, w stałych warunkach temperatury i wilgotności, przez minimum 48 godzin. Zważone filtry nieobciążone umieszczano w oprawkach i wkładano do specjalnych kaset transportowo-pomiarowych, w celu zabezpieczenia ich w trakcie transportu przed ewentualnym zanieczyszczeniem. Filtry zapakowane w ten sposób przewożono na stanowisko pomiarowe i umieszczano w poborniku pyłu (2-tygodniowy cykl pomiarów).

Po 14-dniowym czasie ekspozycji, filtry w kasetach i izotermicznym kontenerze transportowano do siedziby IPIŚ PAN w Zabrze. Osoba przyjmująca filtry wyjmowała je z kaset pomiarowych i sprawdzała, czy nie uległy uszkodzeniu. Następnie filtry były przekazywane do laboratorium, gdzie wykonywane były dalsze czynności analityczne, zgodnie z procedurą wewnętrzną Zakładu NP-I IPIŚ PAN PO2-NP-I – postępowanie z materiałem do badań – analiza grawimetryczna.

Przed pomiarem grawimetrycznym, filtry obciążone (po ekspozycji) były kondycjonowane w pokoju wagowym, w kabinie laminarnej, przez minimum 48 godzin, w stałych warunkach temperatury i wilgotności. Po zważeniu filtry do analiz były konfekcjonowane (cięte nożem cyrkonowym lub wykrojnikiem prostokątnym), a następnie umieszczane w oznaczonych szalkach i przechowywane w chłodni do czasu analizy.

Punkt pomiarowy wyposażony był dodatkowo w stację meteorologiczną DAVIS Vantage Pro2, która umożliwiła równoległy pomiar podstawowych parametrów meteorologicznych (prędkość i kierunek wiatru, temperatura, wilgotność, promieniowanie całkowite, wysokość opadu). Dane o kierunku i prędkości wiatru, uzyskane z okresu 1.01–24.11.2021 r., posłużyły do sporządzenia róży kierunków wiatru i róży stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀.

2.2 Oznaczanie metali w pyle PM₁₀

Oznaczenie zawartości metali w PM₁₀ poprzedzała mineralizacja filtrów z pyłem. W tym celu filtry cięto na połówki za pomocą wykrojnika ceramicznego. Połówki filtrów z okresu tygodnia (7 połówek) przenoszono następnie do naczyń teflonowych i mineralizowano w mieszaninie kwasu azotowego oraz nadtlenu wodoru. Mineralizację przeprowadzono przy użyciu mineralizatora mikrofalowego MULTIWAVE 3000 firmy Anton Paar. Łączny

czas mineralizacji wynosił 60 minut.

Zawartość 9 metali w próbkach – As, Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, V - oznaczano metodą ICP-MS. Oznaczenie przeprowadzono zgodnie z zakresem akredytacji Laboratorium IPIŚ PAN – PB18: Zastosowanie spektrometrii mas z plazmą wzbudzoną indukcyjnie ICP-MS, opartą na normie: PN-EN ISO 17294-1 i PN-EN ISO 17294-2. Do tego celu wykorzystano spektrometr ICP-MS Elan 6100 DRC-e Perkin Elmer. Zawartość glinu (Al) oznaczano na spektrometrze ICP-OES firmy Perkin Elmer AVIO 200.

Niezależnie od metody, zarówno w trakcie analiz, jak i podczas walidacji wyników, wykorzystywano certyfikowane wzorce (Fluka Analytical, Merck – ICP-MS; LGC, ULTRA Scientific – ICP-OES) i gazy, odczynniki o wysokiej czystości (*suprapur*) oraz certyfikowane materiały referencyjne (NIST SRM 1648a). Wartości niepewności rozszerzonej, określone dla poszczególnych metali zestawiono w poniższej tabeli.

Tabela 2. Wartości niepewności rozszerzonej dla oznaczeń metali

Metal	Niepewność [%]
Arsen (As)	32,60
Kadm (Cd)	19,26
Kobalt (Co)	27,26
Chrom (Cr)	34,53
Miedź (Cu)	25,64
Nikiel (Ni)	28,50
Cynk (Zn)	32,50
Glin (Al)	34,24
Ołów (Pb)	19,52
Wanad (V)	16,89

W/w niepewności spełniają wymogi Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z dnia 17.12.2020 r., poz. 2279).

W celu kontroli reżimów związanych z jakością wyników oznaczano również zawartość metali w próbkach ślepych – transportowych i laboratoryjnych. Próbę ślepą transportową stanowiła jedna połówka czystego filtra, a próbę ślepą laboratoryjną - 7 połówek czystych filtrów.

2.3 Oznaczanie WWA w pyłe PM₁₀

Do oznaczania wybranych WWA – naftalen (Na), acenaftylen (Acy), acenaften (Ace), fluoren (Fl), fenantren (Phen), antracen (An), fluoranten (Fluo), piren (Pyr), benzo(a)antracen (B(a)A), chryzen (Chry), benzo(b)fluoranten (B(b)F), benzo(k)fluoranten (B(k)F), benzo(a)piren (B(a)P), indeno(1,2,3-cd)piren (I(cd)P), dibenzo(a,h)antracen (D(ah)A), benzo(g,h,i)perylene (B(ghi)P), w próbkach PM₁₀ wykorzystano metodę wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC). W przypadku acenaftenu, acenatyleny, fenantreny, fluorantenu, fluorenu i pirenu zastosowano chromatografię cieczową z detekcją za pomocą matrycy diodowej (HPLC-DAD), natomiast w przypadku 10 pozostałych WWA - chromatografię cieczową z detekcją fluorescencyjną (HPLC-FLD).

Oznaczanie analitów przeprowadzono zgodnie z zakresem akredytacji Laboratorium Badań Środowiskowych Śląskiego Centrum Ochrony Pracy Sp. z o.o., wg procedury PA-34 wyd.4 z dn. 27.01.2020. Metodyka bazuje na normie PN-EN 15549 - „Air quality standard method for determining the concentration of Benzo(a)piren in ambient air”. Analizie podlega ekstrakt z próbek składanych – tygodniowych. Do oznaczeń wykorzystano chromatograf cieczowy w zestawie do elucji gradientowej HPLC, BISCHOFF z kolumną RESTEK Pinnacle II PAH 4 μm i autosamplerem z pętlą dozowniczą o pojemności 10 μl, wyposażony w detektor fotodiodowy Jasco MD-4017 i fluorescencyjny Jasco FP-4025.

Oznaczanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w próbkach pyłu PM₁₀ zdeponowanego na filtrach kwarcowych polegało na wyekstrahowaniu z filtrów acetonitrylem zatrzymanych związków, odparowaniu rozpuszczalnika do ok. 10 ml, oczyszczeniu ekstraktu na kolumnkach SPE C-18, zatężeniu roztworu do ok. 1 ml i oznaczeniu ich techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej.

Warunki analityczne podczas oznaczania WWA:

- chromatograf cieczowy w zestawie do elucji gradientowej wyposażony w autosampler z pętlą dozowniczą o pojemności 10 μl, wyposażony w detektor fotodiodowy Jasco MD-4017 i fluorescencyjny Jasco FP-4025;
- kolumna chromatograficzna Agilent Eclipse PAH o wymiarach 5 μm, 250 mm × 4,6 mm, z przedkolumną Zorbax Eclipse PAH o wymiarach 4,6 x 12,5 mm;
- system do rejestrowania i przetwarzania danych - program ChromNAV połączony

poprzez interface z procesorem BISCHOFF;

- jako wzorzec zastosowano roztwór materiału odniesienia - Polynuclear Aromatic Hydrocarbons Mixture 610-M SUPELCO;

Standardowo przeprowadzano interpretację wyników analizy w oparciu o wyznaczone wcześniej granice wykrywalności i oznaczalności. Oznaczenia WWA prowadzono w reżimie kontroli jakości wyników:

- z każdą partią próbek rzeczywistych analizowano próbki ślepe w celu sprawdzenia śladów obecności oznaczanych związków;
- analiza próbki kontrolnej o stężeniu odpowiadającym posiadanemu Certyfikowanemu referencyjnemu materiałowi odniesienia w trakcie każdej serii pomiarowej na tej samej krzywej kalibracyjnej i w tych samych warunkach, w jakiej badano próbki.

Wartości niepewności oznaczeń WWA przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wartości niepewności rozszerzonej dla oznaczeń WWA

Związek	Niepewność [%]
Naftalen (Naph)	35,5
Acenaftylen(Acy)	29,5
Acenaften (Ace)	30,4
Fluoren (Fl)	35,2
Fenantren (Phen)	35,7
Antracen (An)	31,6
Fluoranten (Fluo)	35,0
Piren (Pyr)	33,2
Benzo(a)antracen (B(a)A)	25,7
Chryzen (Chry)	37,8
Benzo(b)fluoranten (B(b)F)	34,4
Benzo(k)fluoranten (B(k)F)	27,7
Benzo(a)piren (B(a)P)	39,9
Indeno(1,2,3-cd)piren (I(cd)P)	37,2
Dibenzo(a,h)antracen (D(ah)A)	35,5
Benzo(g,h,i)perylene (B(ghi)P)	36,2

W/w niepewności spełniają wymogi Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z dnia 17.12.2020 r., poz. 2279).

3. Wyniki badań

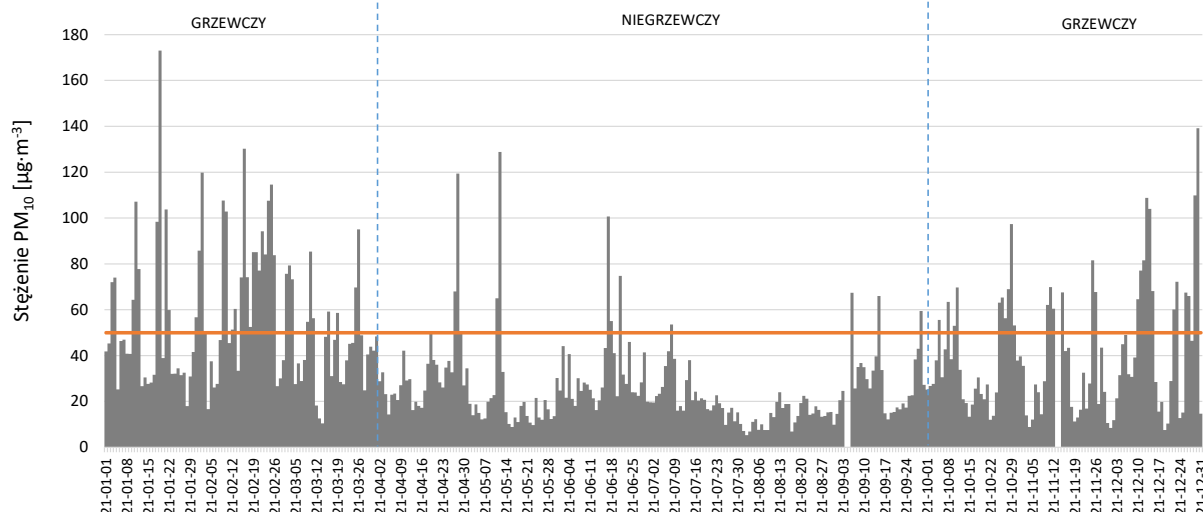
3.1 Stężenia pyłu PM₁₀

W Tabeli 4 przedstawiono statystyki podstawowe dla średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀, mierzonych w punkcie pomiarowym na terenie miasta Skawina w okresie 1.01–31.12.2021 r. Graficzną prezentację wyników pomiarów ciągłych stężeń PM₁₀ zilustrowano na Rysunkach 2-6. Na podstawie zebranych i wyselekcjonowanych danych o kierunku wiatru, dla okresu objętego badaniami, sporządzono różę stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ (Rysunek 7).

Tabela 4. Statystyki opisowe średnich dobowych stężeń pyłu PM₁₀ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] w całym okresie pomiarowym (1.01–31.12.2021 r.) oraz w podziale na sezony i miesiące – punkt pomiarowy w Skawinie

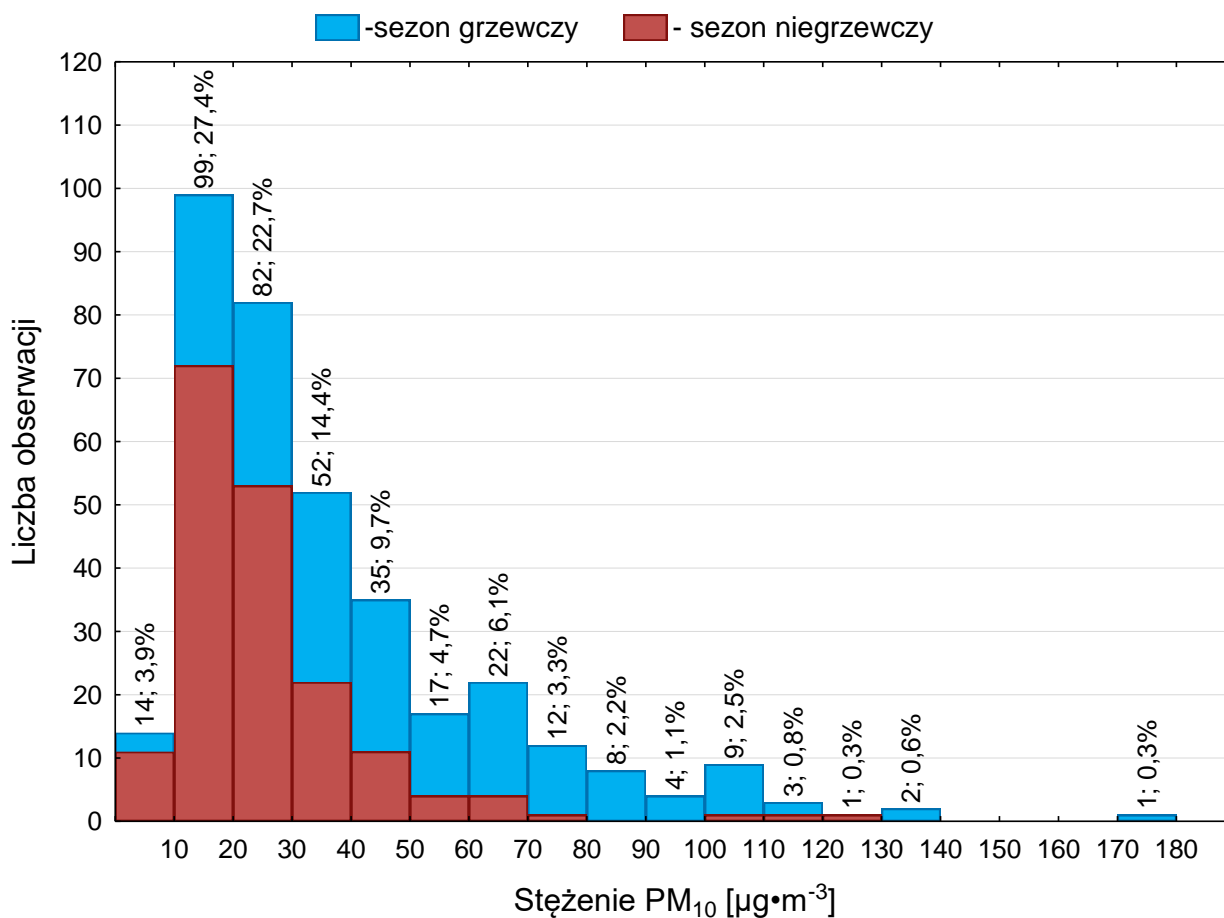
Wyszczególnienie	Średnia	Odchylenie	Min	Max	Mediana	Ilość przekroczeń wartości dopuszczalnej*
Cały okres	36,66	26,68	5,28 (2021-08-02)	173,01 (2021-01-19)	27,84	79
Sezon grzewczy	47,60	29,46	7,55 (2021-12-19)	173,01 (2021-01-19)	40,50	67
Sezon niegrzewczy	25,42	17,46	5,28 (2021-08-02)	128,78	20,69	12
Styczeń 2021 r.	51,96	32,62	18,00 (2021-01-28)	173,01 (2021-01-19)	40,83	10
Luty 2021 r.	68,96	32,46	16,60 (2021-02-04)	130,22 (2021-02-16)	74,10	19
Marzec 2021 r.	46,07	20,98	10,45 (2021-03-14)	95,03 (2021-03-26)	43,86	10
Kwiecień 2021 r.	34,09	19,99	14,34 (2021-04-05)	119,41 (2021-04-28)	28,96	3
Maj 2021 r.	22,14	22,52	8,89 (2021-05-16)	128,78 (2021-05-12)	15,28	2
Czerwiec 2021 r.	33,07	18,00	16,19 (2021-06-13)	100,63 (2021-06-17)	26,74	3
Lipiec 2021 r.	22,39	9,86	9,73 (2021-07-26)	53,60 (2021-07-08)	19,58	1
Sierpień 2021 r.	13,77	5,07	5,28 (2021-08-02)	24,04 (2021-08-07)	13,66	0
Wrzesień 2021 r.	29,59	15,06	12,19 (2021-09-18)	67,36 (2021-09-06)	25,64	3
Październik 2021 r.	38,58	20,83	11,99 (2021-10-22)	97,40 (2021-10-29)	30,56	10
Listopad 2021 r.	33,29	21,40	8,89 (2021-11-04)	81,56 (2021-11-25)	27,64	6
Grudzień 2021 r.	47,97	34,95	7,55 (2021-12-19)	139,18 (2021-12-30)	39,15	12

* Wartość dopuszczalna dla średniego dobowego stężenia PM₁₀ wynosi $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ i nie może być przekraczana częściej niż 35 razy w roku kalendarzowym (na podstawie RMS z dn. 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1031) z późniejszymi zmianami)

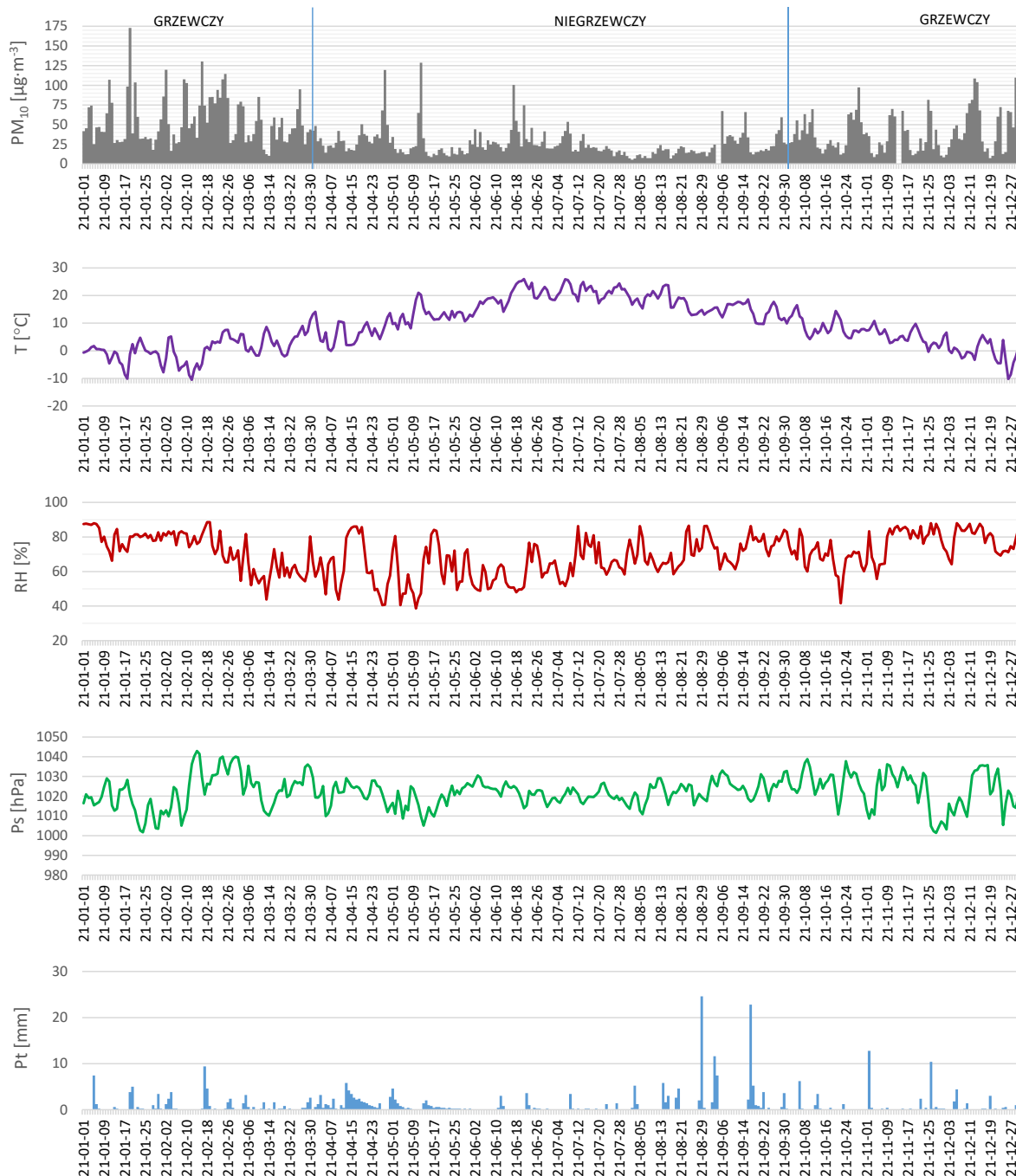


Rysunek 2. Przebieg serii stężeń dobowych pyłu zawieszonego PM₁₀ – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.01–31.12.2021 r.

(linią pomarańczową oznaczono wartość dopuszczalną dla średniego dobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ (Dyrektywa 2008/50/WE))



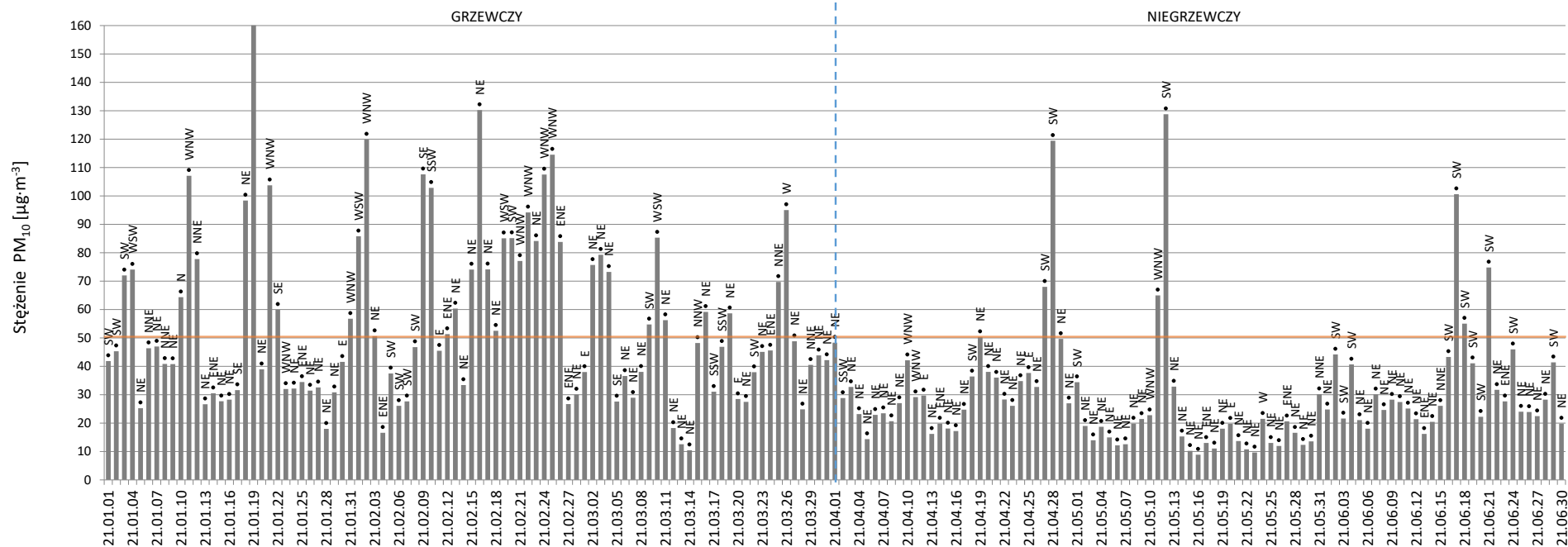
Rysunek 3. Rozkład częstości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.01–31.12.2021 r.



Rysunek 4. Zmienność średnich dobowych stężeń PM₁₀ na tle zmienności podstawowych parametrów meteorologicznych – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.01–31.12.2021 r.

(Oznaczenia: T – temperatura powietrza; RH – wilgotność względna; Ps – ciśnienie atmosferyczne; Pt – opad atmosferyczny)

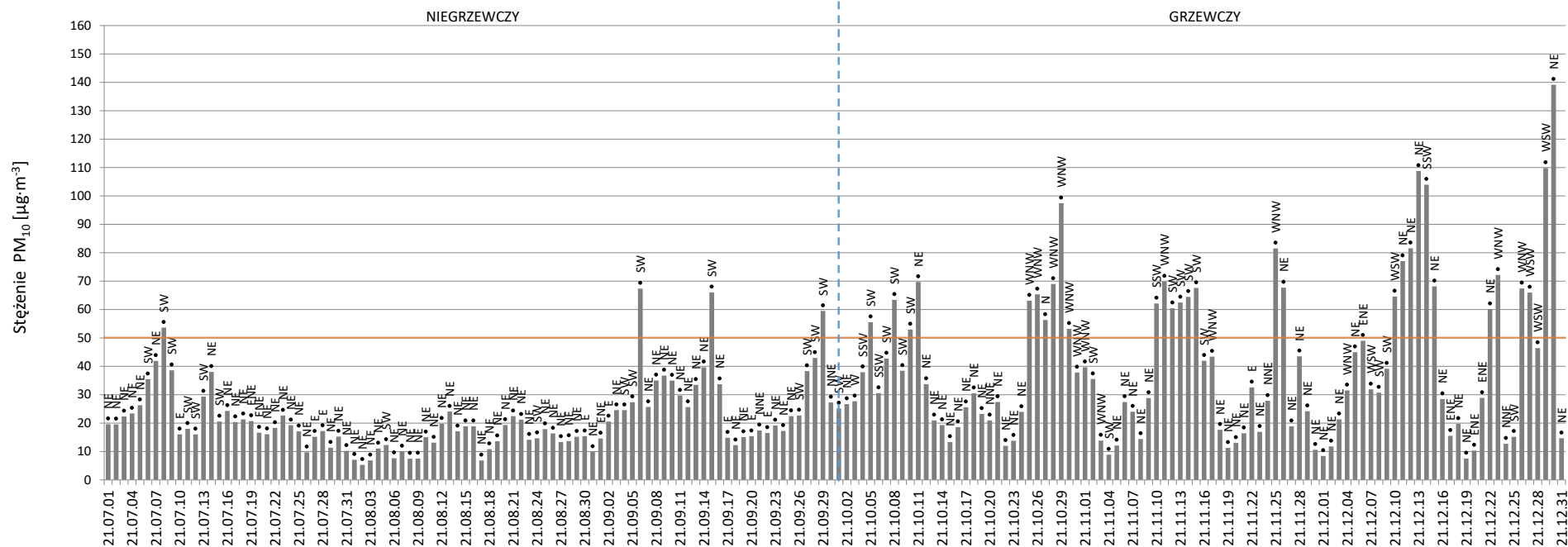
Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2020 r.



Rysunek 5. Przebieg serii stężeń dobowych pyłu PM₁₀ z zaznaczonymi kierunkami wiatru – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.01-30.06.2021 r.

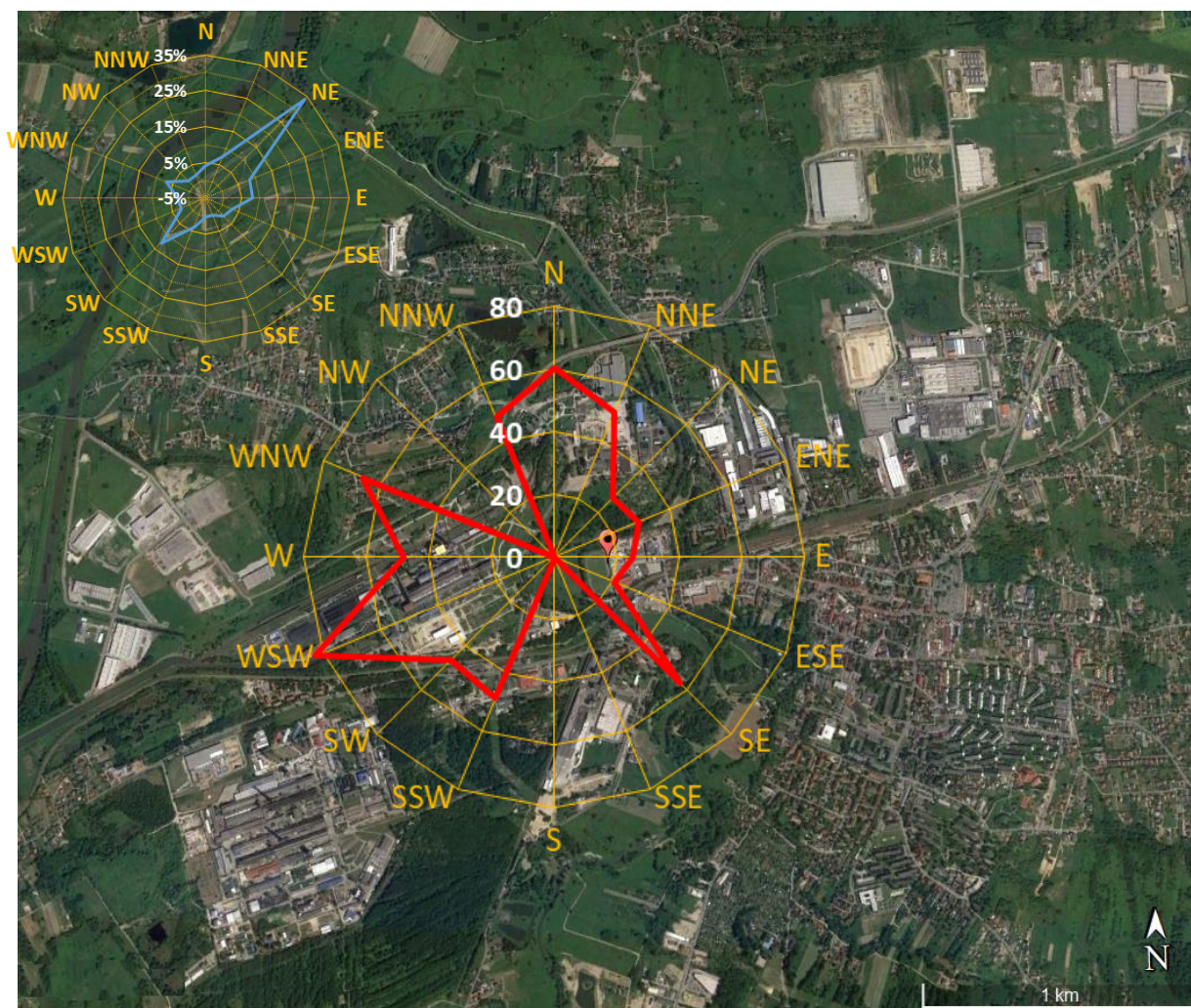
(linią pomarańczową oznaczono wartość dopuszczalną dla średniego dobowego stężenia pyłu zawieszony PM₁₀ na podstawie Rozp. MŚ z dn. 24.08.2012 r., Dz. U. z 2012 r. poz. 1031)

Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2020 r.



Rysunek 6. Przebieg serii stężeń dobowych pyłu PM₁₀ z zaznaczonymi kierunkami wiatru – punkt pomiarowy w Skawinie, okres: 1.07–31.12.2021 r.

(linią pomarańczową oznaczono wartość dopuszczalną dla średniego dobowego stężenia pyłu zawieszono PM₁₀ na podstawie Rozp. MŚ z dn. 24.08.2012 r., Dz. U. z 2012 r. poz. 1031)



Rysunek 7. Róża stężeń pyłu PM₁₀ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] za okres 1.01–31.12.2021 r. wraz z różą kierunków wiatru (*lewy górny róg*) na podkładzie mapowym Google.com z zaznaczeniem lokalizacji stanowiska pomiarowego

3.2 Stężenia wybranych metali w pyle PM₁₀

W Tabeli 5 zestawiono średnie tygodniowe stężenia wybranych metali w próbkach pyłu PM₁₀, pobieranych w Skawinie od 04.01.2021 r. do 02.01.2022 r. Wyliczenia stężeń oznaczanych metali, ich sumy oraz statystyki opisowe dla poszczególnych sezonów zostały wykonane w arkuszu Excel i zestawione w tabeli z dokładnością do 10⁻² ng/m³. Graficzną prezentację uzyskanych wyników pokazano na Rysunkach 8-10.

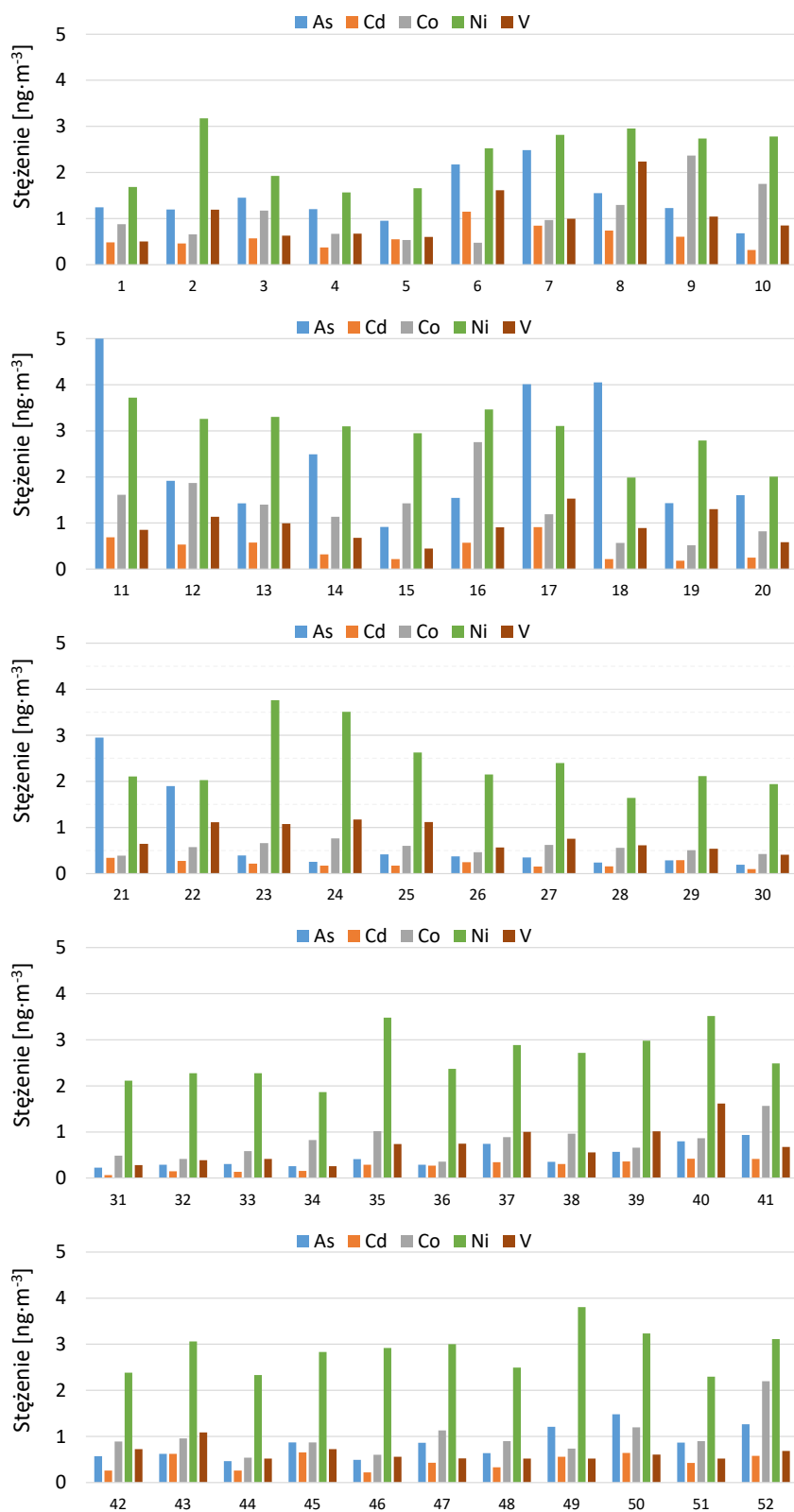
Tabela 5. Stężenia wybranych metali [ng·m⁻³] w tygodniowych próbkach pyłu PM₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.)

Nr próbki łączonej	Stężenie metali [ng·m ⁻³] w poszczególnych okresach pomiarowych										Suma metali
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Zn	Al	Pb	V	
1	1,24	0,48	0,88	3,21	9,64	1,69	81,93	249,93	19,86	0,50	369,37
2	1,20	0,46	0,66	4,93	9,02	3,17	64,81	553,71	19,75	1,19	658,90
3	1,45	0,57	1,17	4,92	15,56	1,92	91,10	487,73	25,01	0,63	630,07
4	1,20	0,37	0,67	4,04	6,53	1,57	51,33	354,62	15,55	0,67	436,57
5	0,95	0,55	0,53	4,82	9,13	1,66	73,11	413,26	18,15	0,60	522,77
6	2,17	1,15	0,48	4,98	9,12	2,52	110,95	390,91	34,68	1,61	558,57
7	2,48	0,85	0,97	6,53	17,01	2,82	93,32	455,20	37,28	1,00	617,44
8	1,55	0,74	1,30	7,36	17,73	2,96	98,00	1159,40	32,04	2,23	1323,32
9	1,23	0,61	2,36	6,95	15,82	2,74	72,08	541,91	20,12	1,04	664,85
10	0,68	0,32	1,75	10,52	10,99	2,78	73,62	536,62	12,75	0,85	650,89
11	5,51	0,69	1,61	13,05	14,09	3,72	70,81	466,66	57,86	0,85	634,85
12	1,92	0,53	1,87	12,31	8,13	3,26	54,27	419,97	23,29	1,14	526,69
13	1,43	0,58	1,40	12,53	12,28	3,30	56,96	438,20	22,49	0,99	550,17
14	2,49	0,32	1,14	12,13	9,50	3,10	33,36	324,04	23,49	0,68	410,26
15	0,91	0,22	1,43	11,14	3,26	2,95	21,09	165,93	12,96	0,45	220,33
16	1,55	0,57	2,76	13,32	12,34	3,46	51,15	352,57	23,37	0,91	461,99
17	4,01	0,91	1,19	10,84	9,03	3,10	57,21	543,05	29,32	1,53	660,20
18	4,05	0,22	0,57	8,06	4,67	1,99	16,84	229,95	36,24	0,89	303,46
19	1,43	0,18	0,52	9,31	5,75	2,79	23,33	446,01	14,46	1,30	505,07
20	1,61	0,25	0,82	7,52	4,83	2,01	20,65	128,84	17,55	0,58	184,66
21	2,95	0,34	0,39	7,71	3,90	2,11	18,31	164,91	32,00	0,65	233,28
22	1,90	0,28	0,58	9,66	5,41	2,03	24,48	200,65	22,61	1,12	268,70
23	0,39	0,22	0,66	10,52	5,06	3,76	19,33	341,55	7,36	1,08	389,93
24	0,25	0,17	0,76	11,64	4,52	3,51	19,81	436,55	6,47	1,17	484,87
25	0,42	0,17	0,60	10,16	4,30	2,63	18,95	385,32	6,75	1,12	430,42
26	0,37	0,25	0,46	8,93	3,57	2,15	15,05	178,35	6,83	0,57	216,53
27	0,35	0,15	0,62	14,09	4,00	2,40	17,09	286,94	5,93	0,76	332,34
28	0,24	0,16	0,56	8,89	3,95	1,64	14,65	256,37	6,01	0,61	293,09
29	0,29	0,29	0,51	9,14	4,42	2,11	17,41	149,62	8,00	0,54	192,34
30	0,19	0,10	0,43	8,21	2,67	1,94	11,51	173,49	5,25	0,41	204,19
31	0,23	0,07	0,49	9,64	3,62	2,11	14,75	144,97	12,61	0,28	188,77
32	0,29	0,15	0,42	13,41	5,09	2,28	13,32	134,51	6,08	0,39	175,93

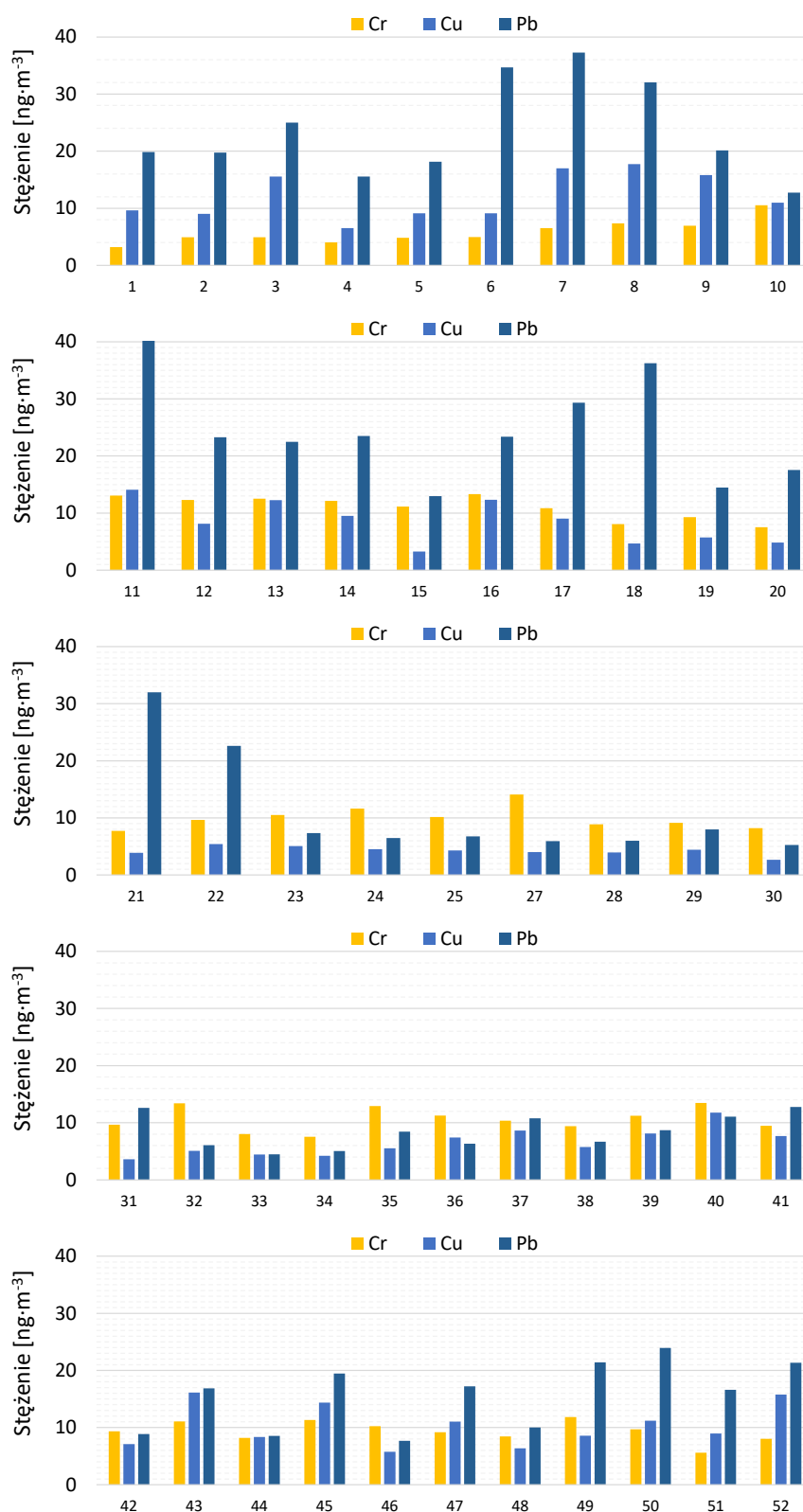
Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2020 r.

Nr próbki łączonej	Stężenie metali [ng·m ⁻³] w poszczególnych okresach pomiarowych										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Zn	Al	Pb	V	Suma metali
33	0,30	0,14	0,58	8,03	4,44	2,28	18,33	177,40	4,48	0,41	216,40
34	0,26	0,16	0,82	7,55	4,20	1,87	17,42	107,06	5,03	0,26	144,63
35	0,41	0,29	1,02	12,92	5,54	3,48	30,70	235,89	8,45	0,74	299,43
36	0,29	0,27	0,36	11,25	7,41	2,37	22,31	260,23	6,32	0,75	311,56
37	0,74	0,34	0,89	10,36	8,64	2,89	30,56	292,28	10,79	1,00	358,49
38	0,35	0,30	0,96	9,39	5,75	2,72	26,17	185,09	6,66	0,56	237,95
39	0,57	0,36	0,66	11,23	8,13	2,98	41,90	282,57	8,69	1,01	358,09
40	0,80	0,42	0,87	13,46	11,78	3,52	42,25	404,13	11,05	1,62	489,88
41	0,93	0,41	1,56	9,46	7,67	2,49	38,74	237,24	12,76	0,67	311,94
42	0,57	0,26	0,89	9,35	7,10	2,38	38,21	293,18	8,87	0,73	361,55
43	0,62	0,62	0,96	11,07	16,13	3,06	65,81	360,40	16,85	1,09	476,61
44	0,47	0,26	0,54	8,18	8,35	2,33	33,08	204,01	8,55	0,52	266,28
45	0,87	0,65	0,87	11,33	14,37	2,83	57,20	491,04	19,45	0,73	599,34
46	0,49	0,22	0,60	10,24	5,75	2,92	25,69	208,41	7,67	0,56	262,55
47	0,86	0,43	1,13	9,18	11,05	3,00	54,06	165,34	17,22	0,52	262,81
48	0,64	0,33	0,90	8,45	6,38	2,49	35,78	196,00	10,01	0,52	261,50
49	1,21	0,56	0,74	11,82	8,56	3,81	61,81	187,31	21,42	0,52	297,74
50	1,48	0,64	1,20	9,70	11,20	3,24	68,54	178,84	23,95	0,61	299,40
51	0,87	0,43	0,90	5,60	8,97	2,30	39,25	125,07	16,59	0,52	200,49
52	1,27	0,58	2,20	8,04	15,76	3,11	62,42	135,10	21,36	0,68	250,51
Cały okres											
Średnia	1,17	0,40	0,95	9,37	8,31	2,66	42,90	312,28	16,70	0,81	395,54
Odchylenie	1,08	0,23	0,52	2,64	4,11	0,60	25,81	177,87	10,68	0,38	203,16
Minimum	0,19	0,07	0,36	3,21	2,67	1,57	11,51	107,06	4,48	0,26	144,63
Maksimum	5,51	1,15	2,76	14,09	17,73	3,81	110,95	1159,40	57,86	2,23	1323,32
Mediana	0,87	0,34	0,85	9,43	7,90	2,73	36,99	271,40	15,01	0,71	345,22
Sezon grzewczy											
Średnia	1,31	0,53	1,12	8,54	11,08	2,75	62,12	371,32	20,56	0,87	480,19
Odchylenie	0,99	0,20	0,51	3,02	3,64	0,60	21,51	211,57	10,75	0,42	231,72
Minimum	0,47	0,22	0,48	3,21	5,75	1,57	25,69	125,07	7,67	0,50	200,49
Maksimum	5,51	1,15	2,36	13,46	17,73	3,81	110,95	1159,40	57,86	2,23	1323,32
Mediana	1,20	0,54	0,93	8,82	10,32	2,82	62,12	375,65	19,60	0,71	483,25
Sezon niegrzewczy											
Średnia	1,03	0,26	0,78	10,19	5,54	2,56	23,68	253,24	12,84	0,76	310,88
Odchylenie	1,16	0,17	0,49	1,92	2,29	0,59	11,31	111,94	9,27	0,33	124,90
Minimum	0,19	0,07	0,36	7,52	2,67	1,64	11,51	107,06	4,48	0,26	144,63
Maksimum	4,05	0,91	2,76	14,09	12,34	3,76	57,21	543,05	36,24	1,53	660,20
Mediana	0,40	0,23	0,61	9,91	4,75	2,38	19,57	232,92	8,22	0,71	296,26

Czcionką pogrubioną zaznaczono pierwiastki dla których ustanowiono wartości docelowe (As (6 ng·m⁻³), Cd (5 ng·m⁻³), Ni (20 ng·m⁻³)) lub dopuszczalne (Pb (500 ng·m⁻³)) (na podstawie RMSŚ z dn. 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1031) z późniejszymi zmianami)

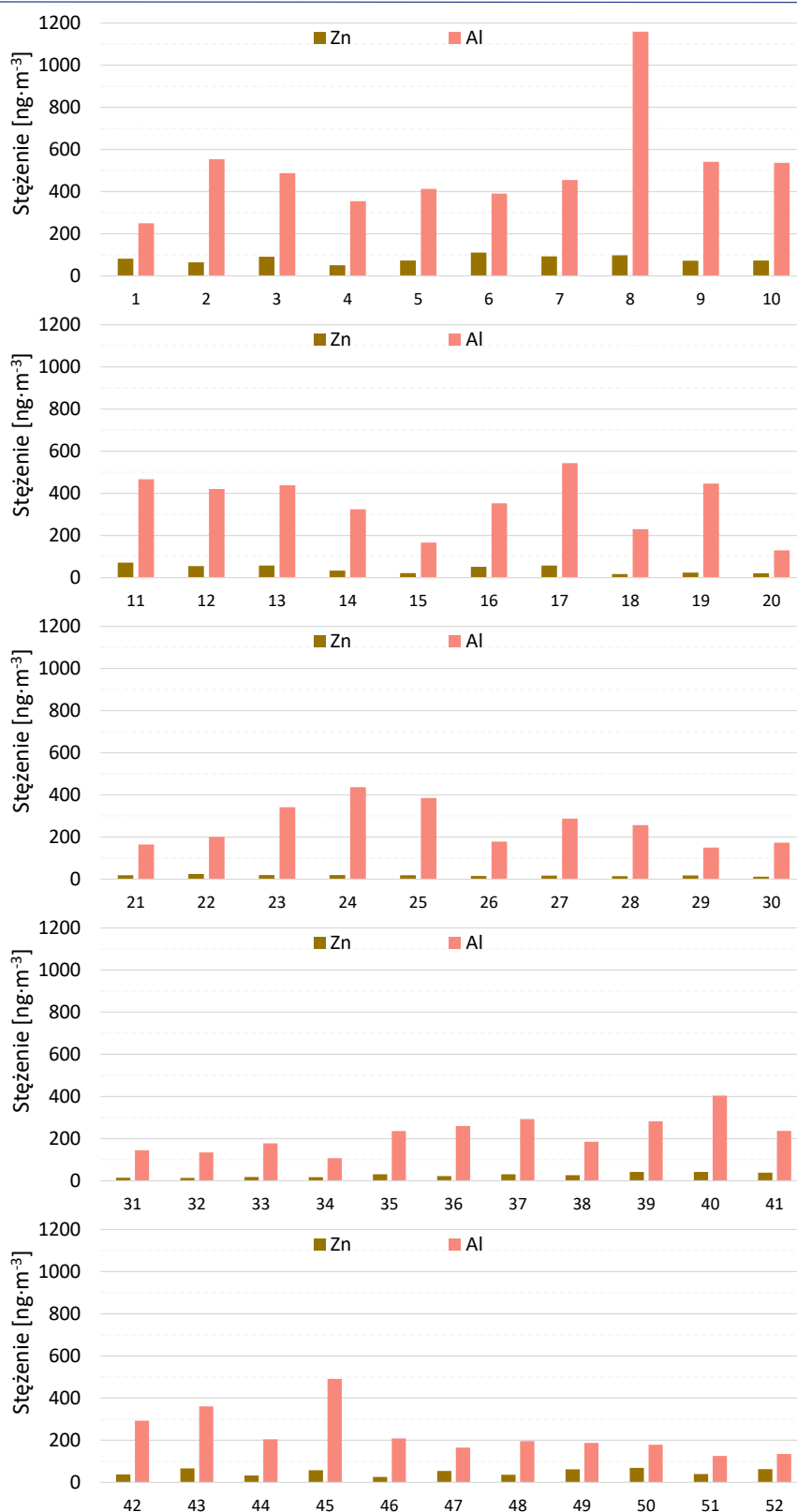


Rysunek 8. Stężenie arsenu (As), kadmu (Cd), kobaltu (Co), niklu (Ni) i wanadu (V) [ng·m⁻³] w próbkach tygodniowych pyłu PM₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.)



Rysunek 9. Stężenie chromu (Cr), miedzi (Cu) i ołowiu (Pb) [ng·m⁻³] w próbkach tygodniowych pyłu PM₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.)

Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2020 r.



Rysunek 10. Stężenie cynku (Zn) i glinu (Al) [ng·m⁻³] w próbkach tygodniowych pyłu PM10 ze Skawiny (okres: 04.01.2021 r. – 02.01.2022 r.)

3.3 Stężenie wybranych WWA w pyłe PM₁₀

W Tabeli 6 zestawiono średnie tygodniowe stężenia WWA w próbkach PM₁₀ za okres 04.01.2021 r. - 02.01.2022 r. Stężenia WWA oraz statystyki opisowe wyliczono w Excelu i zestawiono z dokładnością do 10⁻² ng/m³. Graficzną prezentację wyników pokazano na Rysunkach 11-13.

Tabela 6. Stężenie wybranych WWA [ng·m⁻³] w próbkach tygodniowych pyłu PM₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01.2021–02.01.2022 r.)

Nr próbki łączonej	Stężenie WWA [ng·m ⁻³] w poszczególnych okresach pomiarowych																
	Naph	Acy	Ace	Fl	Phen	An	Fluo	Pyr	B(a)A	Chry	B(b)F	B(k)F	B(a)P	I(cd)P	D(ah)A	B(ghi)P	Suma WWA
1	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	16,07	12,65	6,64	8,50	4,67	11,93	0,10	0,21	0,21	79,69
2	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	22,40	11,93	5,29	5,70	3,84	7,05	0,10	0,21	0,21	75,45
3	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	29,24	17,52	9,02	8,92	5,39	8,61	0,10	0,21	0,21	97,94
4	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	4,77	2,24	3,22	2,47	2,26	0,10	0,21	0,21	34,71
5	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	12,03	7,05	7,36	3,84	6,84	0,10	0,21	0,21	56,88
6	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	12,34	7,36	9,44	3,63	7,36	0,10	0,21	0,21	59,90
7	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	30,90	21,36	11,30	12,24	7,78	7,57	0,10	0,21	0,21	110,38
8	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	11,93	12,65	6,95	9,75	4,56	11,93	0,10	0,21	0,21	77,01
9	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	7,67	4,56	5,39	2,50	4,98	0,10	0,21	0,21	44,86
10	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	6,33	4,36	4,25	1,76	3,73	0,10	0,21	0,21	40,19
11	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	4,67	4,67	2,73	1,63	6,01	0,10	0,21	0,21	39,46
12	0,73	14,52	7,26	1,45	0,73	0,07	1,45	0,73	5,37	3,64	7,11	1,97	5,37	0,15	0,29	0,29	51,13
13	0,55	10,91	5,45	1,09	0,55	0,05	1,09	0,55	1,94	2,51	2,28	2,14	0,11	0,11	0,22	0,22	29,75
14	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	2,71	1,31	2,48	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	26,37
15	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,72	0,56	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	21,22
16	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	1,38	0,60	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	21,92
17	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	2,36	1,76	2,85	3,03	0,10	0,10	0,21	0,21	29,86
18	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,02
19	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,32	0,50	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,75

Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2020 r.

Nr próbki łączonej	Stężenie WWA [ng·m ⁻³] w poszczególnych okresach pomiarowych																
	Naph	Acy	Ace	Fl	Phen	An	Fluo	Pyr	B(a)A	Chry	B(b)F	B(k)F	B(a)P	I(cd)P	D(ah)A	B(ghi)P	Suma WWA
20	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,01
21	0,52	10,38	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,34	0,51	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,81
22	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,16	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,15
23	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,02
24	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,01
25	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,02
26	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,01
27	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,02
28	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,01
29	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,02
30	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,02
31	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,49	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,47
32	0,65	13,02	6,51	1,30	0,65	0,07	1,30	0,65	0,03	0,07	0,07	0,03	0,13	0,13	0,26	0,26	25,14
33	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,01
34	0,64	12,74	6,37	1,27	0,64	0,06	1,27	0,64	0,03	0,06	0,06	0,03	0,13	0,13	0,25	0,25	24,60
35	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,01
36	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,02
37	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,52	0,36	0,10	0,10	0,21	0,21	20,81
38	0,64	12,73	6,37	1,27	0,64	0,06	1,27	0,64	0,03	0,06	0,06	0,03	0,13	0,13	0,25	0,25	24,58
39	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,59	0,33	1,50	0,95	1,31	0,10	0,21	0,21	24,44
40	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	2,36	1,25	2,43	0,99	0,10	0,10	0,21	0,21	26,89
41	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	3,82	2,69	2,97	1,84	2,02	0,10	0,21	0,21	33,08
42	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	1,92	2,37	2,47	1,11	0,10	0,10	0,21	0,21	27,73
43	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	9,13	5,60	8,61	4,46	9,95	0,10	0,21	0,21	57,50
44	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	3,75	2,80	3,53	1,68	3,63	0,10	0,21	0,21	35,15
45	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	7,05	4,04	5,18	3,43	10,27	0,10	0,21	0,21	49,73

Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych
w Skawinie w 2020 r.

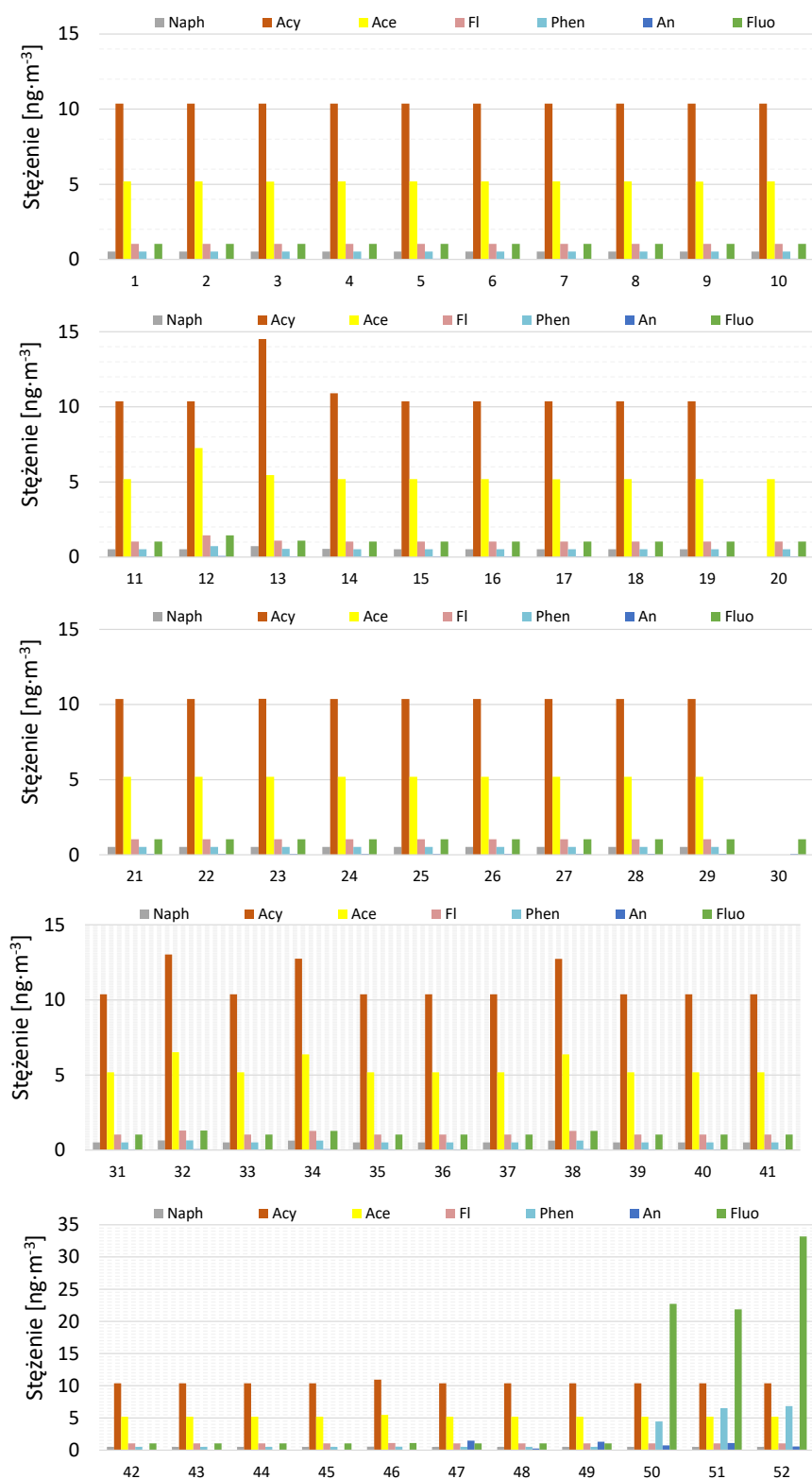
Nr próbki łączonej	Stężenie WWA [ng·m ⁻³] w poszczególnych okresach pomiarowych																
	Naph	Acy	Ace	Fl	Phen	An	Fluo	Pyr	B(a)A	Chry	B(b)F	B(k)F	B(a)P	I(cd)P	D(ah)A	B(ghi)P	Suma WWA
46	0,55	10,95	5,48	1,10	0,55	0,05	1,10	0,55	0,03	0,05	0,05	0,03	0,11	0,11	0,22	0,22	21,14
47	0,52	10,38	5,19	1,04	0,52	1,46	1,04	0,52	3,03	2,65	3,32	1,54	5,29	0,10	0,21	0,21	37,00
48	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,26	1,04	0,52	1,19	0,40	1,16	0,52	1,40	0,10	0,21	0,21	24,64
49	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	1,31	1,04	0,52	4,15	3,11	3,84	1,13	2,53	0,10	0,21	0,21	35,77
50	0,52	10,37	5,18	1,04	4,46	0,74	22,71	12,96	3,42	2,59	3,32	1,35	7,05	0,10	0,21	0,21	76,23
51	0,52	10,37	5,19	1,04	6,53	1,12	21,88	12,76	3,54	3,11	3,01	0,99	3,94	0,10	0,21	0,21	74,50
52	0,52	10,37	5,18	1,04	6,84	0,58	33,18	12,03	5,91	4,04	1,98	0,83	2,20	3,73	3,01	7,78	99,22

Ocena stężenia pyłu PM10, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2020 r.

Nr próbki łączonej	Stężenie WWA [ng·m ⁻³] w poszczególnych okresach pomiarowych																
	Naph	Acy	Ace	Fl	Phen	An	Fluo	Pyr	B(a)A	Chry	B(b)F	B(k)F	B(a)P	I(cd)P	D(ah)A	B(ghi)P	Suma WWA
Cały okres																	
Średnia	0,53	10,61	5,31	1,06	0,84	0,15	2,50	3,30	3,65	2,25	2,64	1,37	2,62	0,18	0,27	0,36	37,64
Odchylenie	0,04	0,80	0,40	0,08	1,30	0,31	5,99	7,19	5,01	2,74	3,23	1,78	3,57	0,50	0,39	1,05	24,09
Minimum	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,01
Maksimum	0,73	14,52	7,26	1,45	6,84	1,46	33,18	30,90	21,36	11,30	12,24	7,78	11,93	3,73	3,01	7,78	110,38
Mediana	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	1,65	0,93	1,74	0,67	0,12	0,10	0,21	0,21	25,76
Sezon grzewczy																	
Średnia	0,53	10,57	5,29	1,06	1,15	0,25	3,93	6,07	6,94	4,24	4,95	2,54	5,09	0,25	0,32	0,50	53,69
Odchylenie	0,04	0,82	0,41	0,08	1,80	0,42	8,30	9,45	5,30	2,62	3,10	1,80	3,63	0,71	0,55	1,48	25,32
Minimum	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	21,14
Maksimum	0,73	14,52	7,26	1,45	6,84	1,46	33,18	30,90	21,36	11,30	12,24	7,78	11,93	3,73	3,01	7,78	110,38
Mediana	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	5,07	3,84	3,68	1,90	5,13	0,10	0,21	0,21	47,30
Sezon niegrzewczy																	
Średnia	0,53	10,66	5,33	1,07	0,53	0,05	1,07	0,53	0,37	0,25	0,33	0,19	0,15	0,11	0,21	0,21	21,59
Odchylenie	0,04	0,80	0,40	0,08	0,04	0,00	0,08	0,04	0,71	0,42	0,75	0,61	0,24	0,01	0,02	0,02	2,59
Minimum	0,52	10,37	5,18	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,01
Maksimum	0,65	13,02	6,51	1,30	0,65	0,07	1,30	0,65	2,71	1,76	2,85	3,03	1,31	0,13	0,26	0,26	29,86
Mediana	0,52	10,37	5,19	1,04	0,52	0,05	1,04	0,52	0,03	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,21	0,21	20,08

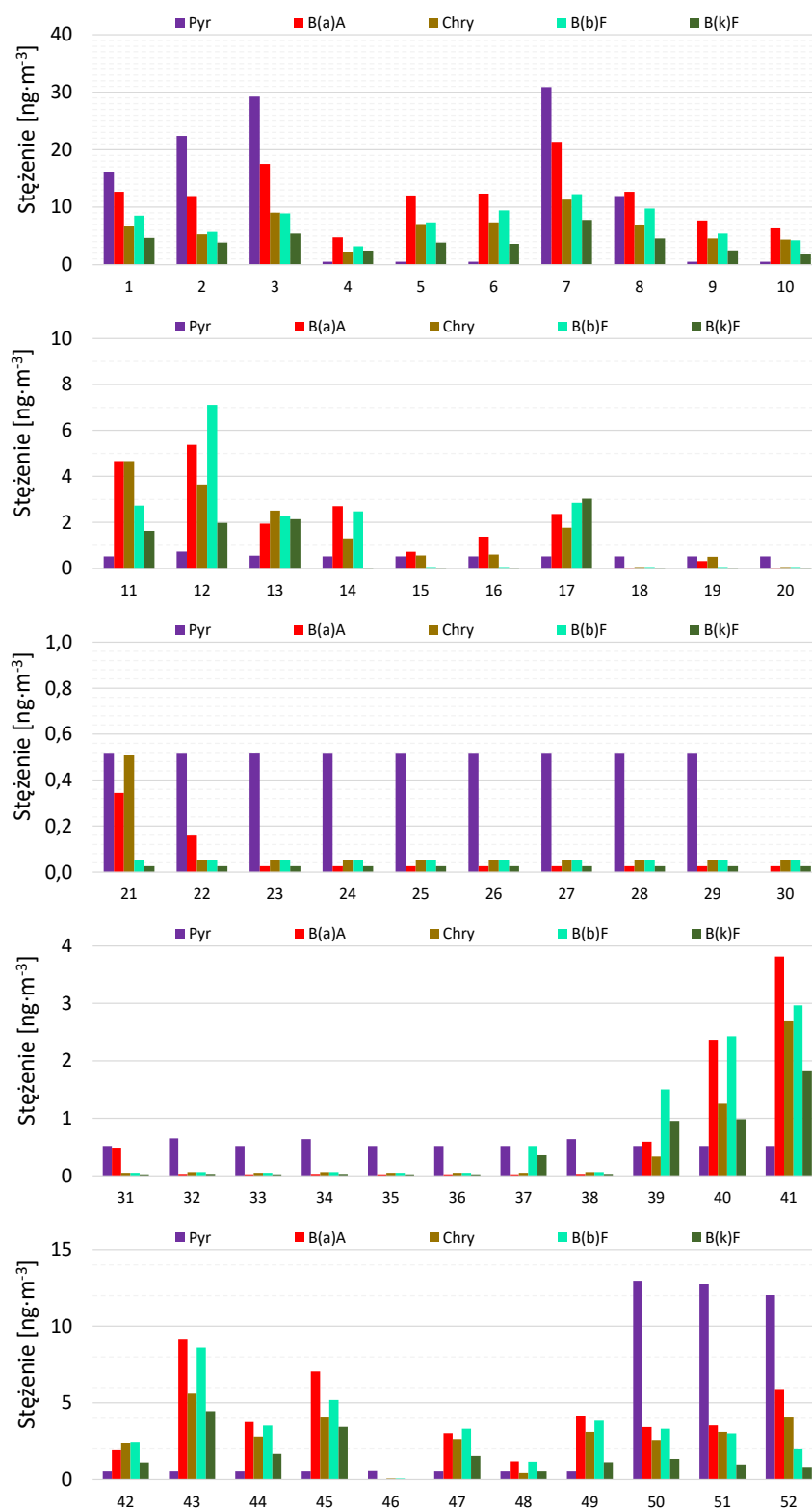
Oznaczenia: Naph – naftalen; Acy – acenaftylen; Ace – acenaften; Fl – fluoren; Phen – fenantren; An – antracen; Fluo – fluoranten; Pyr – piren; B(a)A – benzo(a)antracen; Chry – chryzen; B(b)F – benzo(b)fluoranten; B(k)F – benzo(k)fluoranten; B(a)P – benzo(a)piren; I(cd)P – indeno(123-cd)piren; D(ah)A – dibenzo(ah)antracen; B(ghi)P – benzo(ghi)perylene

Kolorem czerwonym zaznaczono przekroczenie wartości docelowej dla średniego rocznego stężenia B(a)P (1 ng·m⁻³) (na podstawie RMŚ z dn. 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1031) z późniejszymi zmianami)



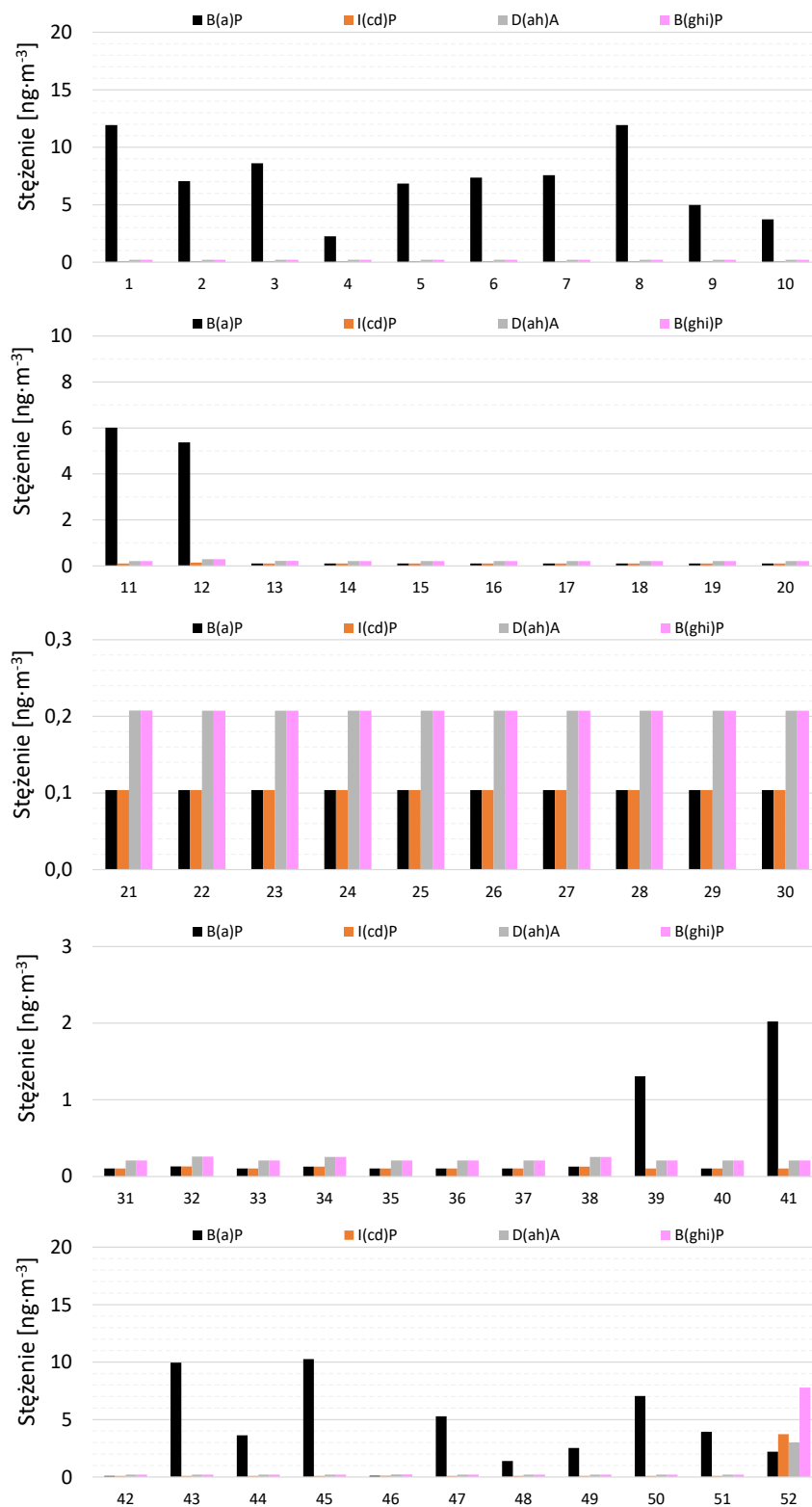
Rysunek 11. Stężenie wybranych WWA [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten) w próbkach tygodniowych pyłu PM₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01–02.01.2022 r.)

(Oznaczenia: Naph – naftalen; Acy – acenaftylen; Ace – acenaften; Fl – fluoren; Phen – fenantren; An – antracen; Fluo – fluoranten)



Rysunek 12. Stężenie wybranych WWA [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] (piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten) w próbkach tygodniowych pyłu PM₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01–02.01.2022 r.)

(Oznaczenia: Pyr – piren; B(a)A – benzo(a)antracen; Chry – chryzen; B(b)F – benzo(b)fluoranten; B(k)F – benzo(k)fluoranten)



Rysunek 13. Stężenie wybranych WWA [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] (benzo(a)piren, indeno(123-cd)piren, dibenzo(ah)antracen, benzo(ghi)perylen) w próbkach tygodniowych pyłu PM₁₀ ze Skawiny (okres: 04.01–02.01.2022 r.)

(Oznaczenia: B(a)P – benzo(a)piren; I(cd)P – indeno(123-cd)piren; D(ah)A – dibenzo(ah)antracen; B(ghi)P – benzo(ghi)perylen)

4. Analiza wyników

W okresie pomiarowym od 1.01 – 31.12.2021 r. uzyskano 361 ważnych danych o stężeniu dobowym PM₁₀, co oznacza, że warunek dotyczący wymaganego pokrycia czasowego dla pomiarów ciągłych i okresowych (>90%), określony w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 1119), z późniejszymi zmianami (Dz. U. 2020 r., poz. 2279), był spełniony. Podobnie jest w przypadku stężeń metali i WWA. Wymagany ww. rozporządzeniem stopień kompletności danych (jako minimalny procent ważnych danych), w szczególności w zakresie stężenia ołowiu, arsenu, kadmu, niklu i benzo(a)pirenu, dla których określono średnie roczne stężenie dopuszczalne lub docelowe, był również wystarczający do oceny zgodności z obowiązującymi normami jakości powietrza.

Średnie dobowe stężenia PM₁₀ w Skawinie przyjmowały wartości z przedziału 5,28 – 173,01 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Tabela 4). Średnia z całego okresu pomiarowego (obliczana na podstawie stężeń 24 h) wynosiła 36,66 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, co stanowiło ~92% dopuszczalnego średniorocznego stężenia PM₁₀ (40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), zg. z Rozp. MŚ z dn. 8 czerwca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 1119) z późniejszymi zmianami (tekst jednolity: Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dn. .12.04.2021, Dz.U. 2021 poz. 845).

Stężenia PM₁₀ wykazywały wyraźną zmienność sezonową (Tabela 4, Rysunek 2-3), podobnie jak miało to miejsce w latach 2019-2020. Wysokie stężenia PM₁₀ w sezonie grzewczym 2021 r. (średnio: 47,60 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) wynikały ze wzrostu aktywności lokalnych źródeł energetycznych i jednocześnie - szeregu niekorzystnych zjawisk meteorologicznych (m.in. z niższej temperatury powietrza, niższej prędkości wiatru i ograniczonej ilości opadów atmosferycznych, Rysunek 4), utrudniających dyspersję i usuwanie zanieczyszczeń z powietrza. Niższe niż w sezonie grzewczym, ale wciąż wysokie stężenia PM₁₀ w sezonie niegrzewczym (średnio: 25,42 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sugerują, że ważną rolę w rozkładzie stężenia PM₁₀ w badanym obszarze odgrywają lokalne źródła przemysłowe i procesy wtórnego pylenia z powierzchni utwardzonych (np. drogi, place) oraz pylenie z powierzchni odkrytego gruntu. W analizowanym okresie pomiarowym odnotowano łącznie 79 przypadków przekroczeń dopuszczalnego średniodobowego stężenia PM₁₀, wynoszącego 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (za Rozp. MKiŚ z dn. 11 grudnia 2020 r., Dz. U. z 2020 r. poz. 2279), w proporcji 67 takich przypadków w sezonie grzewczym i 12 przypadków przekroczeń w sezonie niegrzewczym. Zatem

warunek dotyczący maksymalnej liczby dni z przekroczeniami dopuszczalnego średniodobowego stężenia PM₁₀ (tj. 35 dni w roku kalendarzowym) nie został w analizowanym okresie dotrzymany. Uzyskane wyniki, podobnie jak to miało miejsce w latach 2019-2020, wskazują na występowanie poważnego problemu w zakresie narażenia okolicznych mieszkańców z tytułu inhalacji pyłu zawieszonego PM₁₀ i sygnalizują konieczność podjęcia działań służących poprawie jakości powietrza w monitorowanym obszarze.

Najwyższe stężenia PM₁₀ występowały przy adwekcji z sektora WSW (83,42 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), WNW (67,51 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), N (60,88 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) i SE (56,85 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Najwyższe średnie stężenie tej frakcji pyłu występowało przy napływie zanieczyszczonego powietrza z podmiejskich terenów starej zabudowy komunalnej, terenów przemysłowych w zachodniej części miasta oraz od strony północno-wschodniej względem stanowiska pomiarowego (Rysunek 5-7). Sytuacja w zakresie napływu mas powietrza zanieczyszczonych pyłem PM₁₀ okazała się spójna z obserwacjami, poczynionymi w latach 2019-2020.

Badania składu chemicznego wykazały obecność wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (Tabela 6, Rysunek 11-13), pochodzących z niepełnego spalania paliw kopalnych i innych substancji w źródłach komunalnych i w procesach przemysłowych. Cechą wspólną wszystkich WWA jest ich wysoka trwałość w środowisku i wysoka toksyczność przewlekła (Naumczyk, 2017). Średni sumaryczny udział analizowanych WWA w stężeniach PM₁₀ wynosił ~0,11%, przy czym udział ten był wyższy w sezonie grzewczym (~0,13%) w porównaniu do okresu niegrzewczego (~0,10%). Odnotowano relatywnie wysokie stężenia kancerogenego benzo(a)pirenu. Stężenia B(a)P przyjmowały wartości z przedziału od 0,10 do 11,93 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Średnie stężenie B(a)P w całym okresie pomiarowym wynosiło 2,62 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ i było ponad 2,5-krotnie wyższe niż limitowane prawem docelowe średnioroczne stężenie B(a)P, równe 1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ (za Rozp. MŚ z dn. 24 sierpnia 2012 r., Dz.U. z 2012 r. poz. 1031 z późniejszymi zmianami). Wskazuje to na potencjalnie wysokie ryzyko zdrowotne narażenia okolicznych mieszkańców na inhalację cząstek PM₁₀, zawierających B(a)P oraz inne WWA, w szczególności w sezonie grzewczym. Najbardziej prawdopodobnym źródłem emisji B(a)P w obszarze badań, jak również pozostałych WWA, było spalanie paliw w gospodarstwach domowych. Wskazuje na to wyraźna różnica pomiędzy stężeniami B(a)P w sezonie grzewczym (średnio: 5,09 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$) i niegrzewczym (średnio: 0,15 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Podobne

zróznicowanie sezonowe obserwowano również dla pozostałych związków z grupy WWA. Wpływ spalania węgla i biomasy (Dvorská i inni, 2011) na zanieczyszczenie powietrza przez WWA potwierdza proporcja stężenia fluorantenu do sumy stężeń fluorantenu i pirenu, która w rozważanym okresie przyjmowała wartości z przedziału od 0,03 do 0,73 (przeciętnie: 0,61). WWA potwierdzają również proporcje stężenia benzo(a)antracenu do sumy stężeń benzo(a)antracenu i chryzenu (przeciętnie: 0,51) (Dvorská i inni, 2011, Slezakova i inni, 2010). Prawidłowości związane z rozkładem stężenia WWA w badanym obszarze w 2021 r. okazały się spójne z obserwacjami poczynionymi w latach 2019-2020.

Biorąc pod uwagę przeciętne stężenie metali w próbkach PM₁₀ pobranych w całym okresie pomiarowym, oznaczane pierwiastki można uporządkować wg następującej kolejności: Al (312,28 ng·m⁻³) > Zn (42,90 ng·m⁻³) > Pb (16,70 ng·m⁻³) > Cr (9,37 ng·m⁻³) > Cu (8,31 ng·m⁻³) > Ni (2,75 ng·m⁻³) > As (1,31 ng·m⁻³) > Co (1,12 ng·m⁻³) > V (0,87 ng·m⁻³) > Cd (0,53 ng·m⁻³) (Tabela 5). Kolejność ta jest niemal identyczna z uszeregowaniem uzyskanym w 2020 r. (w 2020 r. stężenie Cu było wyższe niż stężenie Cr). Średni sumaryczny udział stężeń analizowanych metali w PM₁₀ wynosił ~1,17%, przyjmując w sezonie grzewczym i niegrzewczym wartości odpowiednio ~1,05% oraz ~1,28%, podobnie jak w latach 2019-2020. Zasadniczo wyższe stężenia sumy metali, jak i poszczególnych pierwiastków metalicznych, rejestrowano w sezonie grzewczym. Wyjątek stanowił chrom, dla którego wyższe stężenie średnie uzyskano w sezonie niegrzewczym. W przypadku niklu i wanadu stężenia średnie w sezonie grzewczym były tylko nieznacznie wyższe niż w okresie niegrzewczym. (Tabela 5, Rysunek 8-10). Podobnie jak w latach 2019-2020, w całym okresie pomiarowym odnotowano wysokie stężenia glinu i chromu, co wskazuje na obecność silnych antropogenicznych źródeł pochodzenia tych pierwiastków. W przypadku glinu jest to najprawdopodobniej emisja związana z procesem przerobu złomu aluminium z instalacji istniejących na terenie miasta. Z kolei głównym źródłem emisji chromu jest przemysł metalurgiczny, ogniotrwały, chemiczny. Toksyczność chromu zależy od stopnia jego utlenienia – wg klasyfikacji Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakim działanie kancerogenne wykazują związki chromu (VI). W ramach prowadzonych badań oznaczano nie jedną formę specyjną chromu (Cr VI), ale jego całkowitą zawartość w PM₁₀, przy czym stężenie tego pierwiastka (średnio: 9,37 ng·m⁻³) było wyższe w porównaniu do wartości rejestrowanych na innych stanowiskach pomiarowych w Polsce – np. Zabrze – 1,7 ng·m⁻³, Łódź – 3,3 ng·m⁻³, Warszawa – 1,2 ng·m⁻³ (Majewski i Rogula-Kozłowska, 2016). Stężenia

metali objętych regulacjami prawnymi – As, Cd, Ni i Pb były stosunkowo niskie i nie przekraczały poziomów dopuszczalnych (Pb: $500 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) i docelowych (As, Cd i Ni: odpowiednio $6, 5$ i $20 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) za Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dn. 24 sierpnia 2012 r. (Dz. U. z 2012 r. poz. 1031) z późniejszymi zmianami.

5. Podsumowanie i wnioski

Przedstawione w raporcie wyniki badań objęły okres od 1.01.2021 do 31.12.2021 włącznie, w odniesieniu do oceny zmienności średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ oraz okres od 4.01.2021 do 02.01.2022 w odniesieniu do oceny jakościowej składanych (tygodniowych) próbek PM₁₀, w zakresie zawartości wybranych metali i WWA.

Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić wysokie stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀. Jakkolwiek średnie stężenie PM₁₀ w roku 2021 wynosiło 36,66 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a więc ~92% dopuszczalnego średniorocznego poziomu PM₁₀ (40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), to w analizowanym obszarze przekroczona została dopuszczona prawem częstość przekraczania dopuszczalnego średniodobowego stężenia PM₁₀ 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. W analizowanym okresie pomiarowym odnotowano 79 przypadków przekroczeń poziomu 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, wobec dopuszczalnych 35 takich przekroczeń w całym roku kalendarzowym. Przekroczenia średniodobowego poziomu 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ notowano głównie w sezonie grzewczym (53 przypadki), ale również w okresie niegrzewczym (12 przypadków).

Obecność wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych związana była z procesami niepełnego spalania paliw i innych substancji palnych nieznanego pochodzenia. Zmienność stężeń poszczególnych związków z grupy WWA wskazywała na dominującą rolę emisji ze spalania paliw kopalnych i biomasy w źródłach komunalnych w kształtowaniu profilu chemicznego WWA w PM₁₀. Czynnikiem ten mógł w znacznym stopniu przyczynić się do pogorszenia jakości powietrza w obszarze badań, o czym świadczą wysokie, w odniesieniu do wartości docelowej, stężenia benzo(a)pirenu (średnio: 2,62 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$), zwłaszcza w sezonie grzewczym. Stężenia innych oznaczanych WWA nie są obecnie limitowane prawem.

Analiza składu pierwiastkowego sugerowała wzbogacenie pyłu PM₁₀ substancjami pochodzącymi z przetwórstwa aluminium (Al, Zn), w związku z wysokimi i porównywalnymi w obu sezonach stężeniami Al. Stężenia metali objętych regulacjami prawnymi – As, Cd, Ni i Pb były stosunkowo niskie i nie przekraczały poziomów docelowych i wartości dopuszczalnej.

Z uwagi na istniejące zagrożenie zdrowia okolicznych mieszkańców z tytułu przekraczania standardów jakości powietrza w zakresie stężenia PM₁₀ i B(a)P, zalecane jest kontynuowanie pomiarów stężeń i składu chemicznego tej frakcji pyłu, jako wskaźnika efektów wdrażania

rozwiązań ograniczających emisję przemysłową i komunalną na terenie miasta Skawina. Wysokie stężenia PM₁₀ w sezonie niegrzewczym wskazują na konieczność analizy źródeł pochodzenia pyłu zawieszzonego i podjęcia działań ukierunkowanych na ograniczenie wtórnej emisji pyłów z terenów przemysłowych w sąsiedztwie stanowiska pomiarowego.

6. Materiały źródłowe

PN-EN 12341:2014-07: Jakość powietrza atmosferycznego – Standardowa grawimetryczna metoda oznaczania frakcji masowej PM_{2,5} i PM₁₀ pyłu zawieszonego

PO2-NP-I – Postępowanie z próbkami do badań – analiza grawimetryczna [wydanie z dnia 09.01.2017 r.]

Procedura Badawcza PB18: Zastosowanie spektrometrii mas z plazmą wzbudzoną indukcyjnie ICP-MS [wydanie z dnia 10.02.2016 r.]

Procedura Badawcza PB22: Oznaczanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w glebie i pyle metodą chromatografii gazowej z detekcją mas [wydanie z dnia 10.02.2016 r.]

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1031)

Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2020 r. poz. 2279)

Naumczyk, J. Chemia środowiska. PWN, Warszawa 2017.

Dvorská, A., Lammel, G., Klánová, J. (2011). Use of diagnostic ratios for studying source apportionment and reactivity of ambient polycyclic aromatic hydrocarbons over Central Europe. *Atmospheric Environment* 45, 420–427.

Slezakova, K., Castro, D., Pereira, M.C., Morais, S., Delerue-Matos, C., Alvim-Ferraz, M.C. (2010). Influence of Traffic Emissions on the Carcinogenic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Outdoor Breathable Particles. *Journal of the Air & Waste Management Association* 60(4), 393–401.

Majewski, G., Rogula-Kozłowska, W. (2016). The elemental composition and origin of fine ambient particles in the largest Polish conurbation: first results from the short-term winter campaign. *Theoretical and Applied Climatology* 125(1–2), 79–92.

Tytuł pracy: Ocena stężenia pyłu PM₁₀, wybranych metali i WWA na podstawie pomiarów prowadzonych w Skawinie w 2021 r.

Numer umowy: C2-101/2021/NP-I

Autorzy: dr inż. Krzysztof Klejnowski (kierownik pracy)
prof. dr hab. inż. Marianna Czaplicka
dr inż. Halina Pyta
dr inż. Barbara Mathews
dr Barbara Błaszczak
dr inż. Patrycja Rogula-Kopiec
dr inż. Kamila Widziewicz-Rzońca
mgr Krzysztof Słaby
lic. Monika Błaszczak

Streszczenie: Celem badań była ocena jakości powietrza na terenie miasta Skawina, poprzez wyznaczenie stężeń pyłu PM₁₀ oraz związanych z nim metali i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Kampania pomiarowa obejmowała okres od 1.01.2021 do 31.12.2021. Stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w okresie pomiarowym były bardzo wysokie – zidentyfikowano 65 przypadki przekroczeń wartości dopuszczalnej dla średniego dobowego stężenia PM₁₀ (50 µg·m⁻³). Obecność WWA związana była z procesami niepełnego spalania paliw i innych substancji palnych nieznanego pochodzenia. Analiza składu pierwiastkowego sugerowała wzbogacenie pyłu PM₁₀ substancjami pochodzącymi z przetwórstwa aluminium (Al, Zn). Stężenia metali objętych regulacjami prawnymi – As, Cd, Ni i Pb były stosunkowo niskie i nie przekraczały wartości docelowych i dopuszczalnych.