



**Główny Inspektorat
Ochrony Środowiska**

**Ocena zanieczyszczenia powietrza
na stacjach monitoringu tła regionalnego
w Polsce w roku 2025
w zakresie składu pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5
oraz depozycji metali ciężkich i WWA**

Opracowanie wykonano na podstawie wyników Państwowego Monitoringu Środowiska na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym przez zespół w składzie:
dr inż. Anna Degórska, dr inż. Krzysztof Skotak, mgr Marcin Syrzycki.



Praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach umowy GIOŚ/ZP/20/2026/NFOŚiGW z dnia 27.01.2026 i finansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Przy cytowaniu danych należy podawać źródło danych:
Państwowy Monitoring Środowiska, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

Warszawa, 2026

Spis treści

1.	Wprowadzenie	2
2.	Przyjęte w opracowaniu założenia, kryteria i oznaczenia	4
3.	Struktura emisji w Polsce	9
4.	Opis stacji	17
5.	Charakterystyka warunków meteorologicznych	23
6.	Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach tła	29
6.1.	Pył zawieszony PM10	29
6.1.1.	Metale ciężkie w pyłe zawieszonym PM10	35
6.1.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe zawieszonym PM10 ..	42
6.2.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe zawieszonym PM2,5	51
6.2.1.	Pył zawieszony PM2,5	51
6.2.2.	Skład pyłu zawieszonego PM2,5	58
6.3.	Udział pyłu zawieszonego PM2,5 w pyłe zawieszonym PM10	70
6.4.	Stężenie pyłu podczas dni z napływem powietrza zwrotnikowego znad północnej Afryki nad Polskę	74
6.5.	Depozycja zanieczyszczeń do podłoża	79
6.5.1.	Metale ciężkie	80
6.5.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	86
7.	Ocena zanieczyszczenia powietrza na tle wyników z innych krajów	94
7.1.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe zawieszonym PM10	94
7.1.1.	Pył zawieszony PM10	94
7.1.2.	Metale ciężkie w pyłe zawieszonym PM10	97
7.1.3.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe zawieszonym PM10	106
7.2.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe zawieszonym PM2,5	118
7.2.1.	Pył zawieszony PM2,5	118
7.2.2.	Jony zawarte w pyłe zawieszonym PM2,5	121
7.3.	Udział pyłu zawieszonego PM2,5 w pyłe zawieszonym PM10	139
7.4.	Depozycja zanieczyszczeń do podłoża	142
7.4.1.	Metale ciężkie	142
7.4.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	147
8.	Podsumowanie	157
9.	Bibliografia	162

1. Wprowadzenie

Raport został opracowany w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie, w ramach umowy GIOŚ/ZP/20/2026/NFOŚiGW z dnia 27.01.2026 r. zawartej pomiędzy Instytutem i Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska, finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Jest to cykliczne opracowanie zawierające analizę wyników pomiarów prowadzonych na stacjach tła regionalnego w Polsce, funkcjonujących w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ). Zakres opracowań obejmuje ocenę dla pyłu zawieszonego i oznaczanych w nim zanieczyszczeń (składników) oraz ładunków zanieczyszczeń z powietrza deponowanych z opadem do podłoża. Przeprowadzenie analiz w zakresie ujętym w opracowaniu wynika z zapisów zawartych w koordynowanym przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska „Wykonawczym Programie Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2025. Monitoring jakości powietrza”¹. Jest to jedno z zadań Programu, związanych z badaniem i oceną stanu zanieczyszczenia powietrza, wykonywanych zgodnie z zapisami ustawy – Poś² transponującej wymagania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE³ i 2004/107/WE⁴. Zadanie to zdefiniowane zostało jako „Monitoring składu pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5, rtęci w stanie gazowym oraz depozycji metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na stacjach monitoringu tła regionalnego”. Ocena w zakresie rtęci stanowi odrębne opracowanie.

W okresie objętym analizami, ocenę stopnia zanieczyszczenia powietrza oraz wielkości ładunku docierającego do podłoża przeprowadzono dla stacji tła regionalnego Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska zlokalizowanych w Osieczowie i w Zielonce, stacji w Złotym Potoku (będącej stacją tła regionalnego województwa śląskiego) oraz stacji tła regionalnego Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego w Puszczy Boreckiej. W analizach uwzględniono również stację Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Godowie, monitorującą transgraniczny napływ zanieczyszczeń na Śląsku z obszaru granicy polsko-czeskiej. Dla analiz dotyczących wszystkich stacji, ze względu na pomiary tła regionalnego, tła wojewódzkiego oraz napływów, w opracowaniu używa się jednego określenia "stacje tła".

Głównym celem opracowania jest przedstawienie wyników oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza i opadów na wybranych stacjach tła regionalnego w Polsce w latach 2010-2024. Charakterystykę analizowanych w opracowaniu stacji, wraz z podaniem miejsc poboru próbek i zakresu prowadzonego monitoringu oraz wykonywanych oznaczeń, przedstawiono w odrębnym rozdziale. Uzyskane wyniki, tam gdzie to było możliwe, przedstawiono na tle obserwowanych stężeń i wskaźników depozycji uzyskiwanych na stacjach pozamiejskich tła w Europie.

¹ Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2025. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2024

² Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2025 poz. 647)

³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str.1)

⁴ Dyrektywa 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 (Dz. Urz. UE L 23 z 26.01.2005, str.3)

Przed rozpoczęciem analiz, wszystkie wyniki pomiarów z Polski poddano wstępnej analizie, weryfikacji i ocenie. Przyjęte w opracowaniu kryteria selekcji danych są zgodne z obowiązującymi przepisami prawnymi, w tym ze stosowanymi w PMŚ. Ocenę wykonano dla trzech grup zanieczyszczeń:

- pyłu zawieszonego PM₁₀ (o średnicy aerodynamicznej ziaren poniżej 10 µm) oraz zawartych w nim metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych,
- pyłu zawieszonego PM_{2,5} (o średnicy aerodynamicznej ziaren poniżej 2,5 µm) oraz zawartych w nim kationów i anionów oraz węgla elementarnego i organicznego,
- depozycji (ładunku) zanieczyszczeń do podłoża w zakresie metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

W opracowaniu skupiono się przede wszystkim na ocenie zmian wyników uzyskanych na poszczególnych stacjach w roku 2025 w odniesieniu do roku wcześniejszego oraz w odniesieniu do całego okresu prowadzenia tego typu pomiarów w Polsce (wykorzystując uśrednione wartości dla okresu 2010-2024 lub 2011-2024). Porównanie wyników w omawianym okresie przeprowadzono na podstawie analizy wartości stężeń średnich rocznych oraz wskaźników depozycji. W przypadku zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{2,5} i PM₁₀ oraz zawartymi w nim metalami ciężkimi (arsenem, kadmem, niklem i ołowiem) i benzo(a)pirenem, wyniki porównano z obowiązującymi wartościami normatywnymi.

W przypadku omawiania wyników uzyskanych w Polsce na tle innych krajów Europy (wykonano ocenę zarówno dla poszczególnych krajów, jak i pojedynczych stacji pomiarowych), analizy przeprowadzono dla dostępnych danych z okresu 2010-2024. Podstawą oceny jakości powietrza w Polsce na tle wyników europejskich były dane pomiarowe zgromadzone w bazie AirBase (do której, za pośrednictwem GIOŚ, regularnie wprowadzane były również dane ze stacji PMŚ), prowadzonej przez Europejską Agencję Środowiska (EAŚ). Pomimo tego, że wszystkie wyniki zawarte w bazach EAŚ należałoby traktować jako dane zweryfikowane, niektóre z nich wymagały korekty (szczególnie w zakresie błędów w kodowaniu jednostek i kodów stacji). Od 2015 roku EAŚ zmienił system udostępniania danych gromadzonych w bazie AirBase, uwzględniając przyjęte kryteria dla tzw. e-reportingu. Należy mieć to na uwadze przy analizach podczas interpretacji przedstawionych w niniejszym opracowaniu wyników, głównie ze względu na różną kompletność serii na przełomie lat 2015/2016 oraz ich spójność z przyjętymi zasadami kodowania danych, nadawania im określonych statusów oraz metodyką udostępniania wyników źródłowych.

W niniejszym opracowaniu przeprowadzono ocenę z uwzględnieniem zmienności czasowej i przestrzennej parametrów meteorologicznych na wybranych stacjach osłonowych zlokalizowanych najbliżej omawianych w opracowaniu stacji tła. Podstawą oceny zmienności warunków meteorologicznych były informacje i dane pochodzące z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego. Dane te nie podlegały weryfikacji przez autorów opracowania.

Dodatkowo, w celu scharakteryzowania poziomu emisji zanieczyszczeń w Polsce, przedstawiono również analizę w tym zakresie. Źródłem danych w skali kraju była informacja opracowana i opublikowana przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska na podstawie danych przygotowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego oraz Główny Urząd Statystyczny.

Ocena ta obejmowała najbardziej aktualne i dostępne dane, ze wskazaniem zmian w stosunku do roku poprzedzającego.

2. Przyjęte w opracowaniu założenia, kryteria i oznaczenia

Analizę w zakresie wielkości oraz struktury emisji dla zanieczyszczeń monitorowanych na stacjach tła, omówiono na podstawie dostępnych informacji z roku 2024, najbardziej aktualnych danych dotyczących inwentaryzacji emisji wykonanej na poziomie krajowym. W opracowaniu przedstawiono wielkości emisji z roku 2024 na tle zmian w okresie ostatnich lat. Z względu na stale korygowane wartości emisji (również wstecznie) przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego oraz zmiany sposobu raportowania, przedstawione w niniejszym raporcie wartości mogą się różnić z prezentowanymi w opracowaniach wcześniejszych. Przy inwentaryzacji emisji pyłu wykorzystano nowe wskaźniki emisji pyłów ze stacjonarnych źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym (instytucje, handel, gospodarstwa domowe, rolnictwo, leśnictwo należące do sektora 1A4. *Inne sektory*), uwzględniające zarówno frakcję filtrowalną, jak i kondensującą pyłów.

Podstawą oceny warunków meteorologicznych w Polsce w latach 2010-2025 były wyniki obserwacji temperatury oraz wysokości opadu atmosferycznego, prowadzonych na pięciu stacjach: w Częstochowie, Chojnicach, Legnicy, Raciborzu i Suwałkach. Stacje te zlokalizowane są w regionach, w których funkcjonują omawiane w opracowaniu stacje PMŚ i zostały uznane za stacje osłonowe, reprezentatywne dla tych stacji. Analizy warunków meteorologicznych przeprowadzono na podstawie danych IMGW-PIB, uwzględniając również informacje kierunkach napływu mas powietrza nad Polskę. Z powodu odmiennych lokalizacji stacji osłonowych IMGW-PIB, przedstawiane w raporcie warunki meteorologiczne mogą się różnić od obserwowanych na samych stacjach monitoringu tła PMŚ. Założono, że wyniki parametrów meteorologicznych stanowiących podstawę analiz w niniejszym opracowaniu są zweryfikowane.

Zmienność stężeń na poszczególnych stacjach w Polsce, w przypadku pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} oraz składników w nich oznaczanych, przedstawiono na podstawie analiz serii dobowych i tygodniowych, zaś depozycji – na podstawie wyników miesięcznych.

Przedstawione w opracowaniu analizy dla stacji tła regionalnego wykonano dla:

- pyłu zawieszonego PM₁₀,
- metali ciężkich oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀: arsenu, kadmu, niklu i ołowiu,
- wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀: benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(j)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu oraz dibenzo(a,h)antracenu,
- pyłu zawieszonego PM_{2,5},
- jonów oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5}: siarczanowych, azotanowych, chlorkowych, magnezowych, wapniowych sodowych, potasowych i amonowych,
- węgla elementarnego oraz węgla organicznego oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5},
- metali ciężkich oznaczanych w depozycji całkowitej: arsenu, kadmu, niklu,

- wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oznaczanych w depozycji całkowitej: benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(j)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu oraz dibenzo(a,h)antracenu.

Uzyskane na poszczególnych stacjach wyniki dla zanieczyszczeń powietrza, dla których określono prawnie wartości normowane, odniesione zostały do aktualnie obowiązujących wartości dopuszczalnych i/lub poziomów docelowych określonych dla kryterium ochrony zdrowia (zgodnie z zapisami *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu*. Dz. U. z 2021, poz. 845). Dotyczy to pyłu zawieszonego PM₁₀ i zawartych w nim Ni, As, Cd i Pb oraz B(a)P, a także pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

W analizach uwzględniono serie pomiarowe uwzględnione w ocenach rocznych, spełniające kryteria minimalnej kompletności serii i minimalnego pokrycia czasu w roku, określone w *Rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*⁵, które zastąpiło *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*⁶ (a to z kolei stanowiło nowelizację *Rozporządzenia z dnia 13 września 2012 r.*⁷) – w niniejszym opracowaniu nazywane „kryterium selekcji danych”.

Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ obliczono na podstawie średnich rocznych stężeń. Takie podejście umożliwia obliczenie udziału bez względu na liczbę wyników pomiarów na danej stacji, unikając w ten sposób różnic wynikających z braku danych obu rodzajów pyłu w tych samych terminach pomiarowych.

W niniejszym raporcie zawarto również analizę w zakresie identyfikacji trendów dwóch frakcji pyłu zawieszonego i substancji w nich oznaczanych oraz w depozycji dla każdej z badanych substancji. W tym celu zastosowano nieparametryczny test Manna-Kendalla, który służy do wykrycia istnienia malejącego lub rosnącego trendu w serii danych, a następnie nieparametryczną metodę Sena do szacowania wielkości trendu - nachylenia linii trendu. Testy te służą do analizy danych, w których nie występują cykle sezonowe lub inne (zatem nadają się do wartości rocznych lub wartości średnich dla sezonów). Dopuszczając braki danych i nie wymagając, by analizowane serie charakteryzowały się konkretnym rozkładem. Testowana jest hipoteza zerowa H_0 o braku istnienia trendu, czyli zakładająca przypadkowy rozkład obserwacji x_i w czasie wobec alternatywnej hipotezy H_1 , przyjmującej istnienie rosnącego lub malejącego trendu. Stosowane narzędzie wykorzystuje wielkość „Z”. Dodatnia wartość „Z” świadczy o trendzie rosnącym, a ujemna – o malejącym. Test stosowano jest dla serii pomiarowych zawierających więcej niż 10 danych.

Poziom istotności 0,001 (***) oznacza 0,1% prawdopodobieństwa, że wartości x_i mają przypadkowy rozkład i z tym prawdopodobieństwem popełnia się błąd odrzucając hipotezę zakładającą brak istnienia trendu. Poziom 0,001 istotności oznacza, że istnienie trendu jest bardzo prawdopodobne (***) . Poziom 0,01 oznakowano (**), 0,05 (*) a 0,1 – oznaczający

⁵ *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; t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 870)

⁶ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*(Dz. U. z 2018 r. poz. 1119)

⁷ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)

10% prawdopodobieństwa, że błędem jest odrzucenie hipotezy o braku trendu – oznakowano (+). Dla krótszych niż 10 lat serii nie wskazywano trendu - (oznakowanie NA).

Do oceny poziomów stężeń zanieczyszczenia powietrza i depozycji w skali Europy, wybrano wszystkie stacje tła pozamiejskiego, na których w kolejnych latach okresu 2010-2024 prowadzono pomiary danego zanieczyszczenia. W opracowaniu uwzględniono tylko wyniki oznaczone w bazie AirBase, jako wiarygodne i zweryfikowane (nie korygowano wartości z wyjątkiem zmiany jednostek w przypadkach, gdy było to konieczne). W analizach uwzględniono obliczone przez EAŚ parametry statystyczne. W przypadku wykonywania pomiarów danego zanieczyszczenia na tej samej stacji różnymi metodami (np. dla różnych czasów uśredniania, metodami automatycznymi i manualnymi i/lub różnymi metodami oznaczania w laboratoriach), w pierwszej kolejności wybierano wyniki pomiarów wykonywane metodą referencyjną i/lub z referencyjnym czasem uśredniania. W przypadku metod równorzędnych, wybierano wyniki dla serii pomiarowej przedstawiającej gorszą sytuację (wyższe stężenie). Podawane w opracowaniu dla danego zanieczyszczenia lub depozycji wartości dla każdego kraju, obliczano jako średnią arytmetyczną z wartości średnich rocznych z pojedynczych stacji funkcjonujących na jego terenie. Podawane wartości stężeń minimalnych i maksymalnych w danym kraju, odnoszą się do wartości średnich rocznych uzyskiwanych na pojedynczych stacjach. W przypadku określenia udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zwieszonym PM₁₀ uwzględniono serie danych ze stacji, na których wykonywano równoległe pomiary obu frakcji pyłu w danym roku oraz z analizowanego okresu 2010-2024. Należy podkreślić, że wyniki pomiarów depozycji w bazie AirBase przechowywane są w postaci wskaźnika, tj. ładunku przeliczonego na dzień ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dzień}$), a nie rzeczywistych wartości sumarycznego ładunku docierającego do podłoża.

Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto następujące skróty i oznaczenia (w szczególności używane w tabelach i na rysunkach):

Skróty nazw stacji:

Osieczów – stacja tła regionalnego Osieczów (województwo dolnośląskie)

Puszcza Borecka – stacja tła regionalnego KMS Puszcza Borecka (województwo warmińsko-mazurskie)

Zielonka – stacja tła regionalnego Bory Tucholskie (województwo kujawsko-pomorskie)

Godów – stacja Godów, ul. Gliniki monitorująca transgraniczny napływ zanieczyszczeń (województwo śląskie)

Złoty Potok – stacja tła pozamiejskiego Złoty Potok, Leśniczówka (województwo śląskie)

Skróty nazw własnych:

AirBase – baza danych Europejskiej Agencji Środowiska

CLB – Centralne Laboratorium Badawcze

EAŚ – Europejska Agencja Środowiska

GIOŚ – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

GUS – Główny Urząd Statystyczny

IOŚ-PIB – Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

IMGW-PIB – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

KOBIZE – Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami IOŚ-PIB

PMŚ – Państwowy Monitoring Środowiska

Pozostałe skróty:

S24 – stężenie średnie dobowe,

ładunek – sumaryczna depozycja do podłoża,

Wskaźnik – wskaźnik wielkości depozycji do podłoża podawany, jako średnia na dobę

Min – minimalna wartość roczna w kraju na pojedynczej stacji (stężenie lub ładunek),

Max – maksymalna wartość roczna w kraju na pojedynczej stacji (stężenie lub ładunek),

Śred – wartość średnia w skali kraju.

Kody krajów wg ISO:

AT - Austria

BA - Bośnia i Hercegowina

BE - Belgia

BG - Bułgaria

CH - Szwajcaria

CY - Cypr

CZ - Czechy (Republika Czeska)

DE - Niemcy

DK - Dania

EE - Estonia

ES - Hiszpania

FI - Finlandia

FR - Francja

GB - Wielka Brytania

GR - Grecja

HR - Chorwacja

HU - Węgry

IE - Irlandia

IS - Islandia

IT - Włochy

LT - Litwa

LU - Luksemburg

LV - Łotwa

MK - Macedonia

MT - Malta

NL - Holandia

NO - Norwegia

PL - Polska

PT - Portugalia

RO - Rumunia

RS - Serbia

SE - Szwecja

SI - Słowenia

SK - Słowacja (Republika Słowacji)

TR – Turcja

XK - Kosowo

Skróty zanieczyszczeń:

Pyły:

pył zawieszony PM₁₀ - pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej ziaren poniżej 10 μm ,

pył zawieszony PM_{2,5} - pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej ziaren poniżej 2,5 μm ,

Metale ciężkie:

As - arsen

Cd - kadm

Ni - nikiel

Pb – ołów

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA):

B(a)P - benzo(a)piren

B(a)A - benzo(a)antracen

B(b)F - benzo(b)fluoranten

B(j)F - benzo(j)fluoranten

B(k)F - benzo(k)fluoranten

I(1,2,3-cd)P - indeno(1,2,3-cd)piren

D(a,h)A - dibenzo(a,h)antracen

Jony:

SO₄²⁻ - jon siarczanowy

NO₃⁻ - jon azotanowy

Cl⁻ - jon chlorkowy

Mg²⁺ - jon magnezowy

Ca²⁺ - jon wapniowy

Na⁺ - jon sodowy

K⁺ - jon potasowy

NH₄⁺ - jon amonowy

Węgiel:

EC - węgiel elementarny

OC - węgiel organiczny

3. Struktura emisji w Polsce

Pył zawieszony to zanieczyszczenie pochodzące zarówno ze źródeł antropogenicznych, jak i naturalnych. Bezpośrednio emitowany do atmosfery jest pył pierwotny; natomiast pył tworzony w wyniku reakcji i przemian chemicznych jego prekursorów (związków siarki i azotu oraz lotnych związków organicznych) jest w powietrzu zanieczyszczeniem wtórnym.

W niniejszym rozdziale przedstawiono informacje o emisji pierwotnej pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5}, prekursorów pyłu drobnego oraz składników oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀ i opadach na stacjach tła regionalnego: metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Zaprezentowano dane z roku 2024, jako ostatnie dostępne. Pochodzą one z opracowania „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2024. Raport syntetyczny”⁸. Raport został opracowany w oparciu o obowiązującą obecnie strukturę źródeł emisji w układzie klasyfikacji NFR (*Nomenclature for Reporting*). W opracowaniu tym przy inwentaryzacji emisji pyłu do atmosfery wykorzystano wskaźniki emisji pyłów ze stacjonarnych źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym (instytucje, handel, gospodarstwa domowe, rolnictwo, leśnictwo należące do sektora 1A4. *Inne sektory*), uwzględniające zarówno frakcję filtrowalną, jak i kondensującą pyłów (po raz pierwszy zrobiono to w przypadku danych za 2000 rok). Frakcja kondensująca pyłu zawieszonego, obok związków nieorganicznych, uwzględnia powstające w procesie spalania związki organiczne, które po schłodzeniu i rozcieńczeniu gazów spalinowych po opuszczeniu komina mogą ulegać kondensacji tworząc wraz z tzw. pyłem filtrowalnym pierwotny aerozol atmosferyczny. Działania związane z uwzględnianiem frakcji kondensującej są zgodne z rekomendacjami międzynarodowymi – EMEP, UE.

W roku 2024 krajowa emisja pyłu zawieszonego PM₁₀ wyniosła 300,26 Gg, a pyłu zawieszonego PM_{2,5} – 214,05 Gg. W stosunku do emisji z roku 2023 (przeliczonej z uwzględnieniem frakcji kondensującej) wielkości emisji pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} były odpowiednio o 6,5% i 8,4% mniejsze niż rok wcześniej. Natomiast w stosunku do wielkości z roku 2010 (również przeliczonej z uwzględnieniem frakcji kondensującej) odnotowano spadek emisji pyłu zawieszonego PM₁₀ o blisko 37% a pyłu zawieszonego PM_{2,5} o około 41%. W tabeli 3.1 zestawiono wielkości emisji pyłu zawieszonego z głównych źródeł.

⁸ „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2024. Raport syntetyczny”. Ministerstwo Klimatu i Środowiska. Raport opracowany w Krajowym Ośrodku Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym; Warszawa, 2026

Tab. 3.1. Emisja pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w Polsce z głównych źródeł emisji w 2024 roku (źródło danych: KOBiZE)

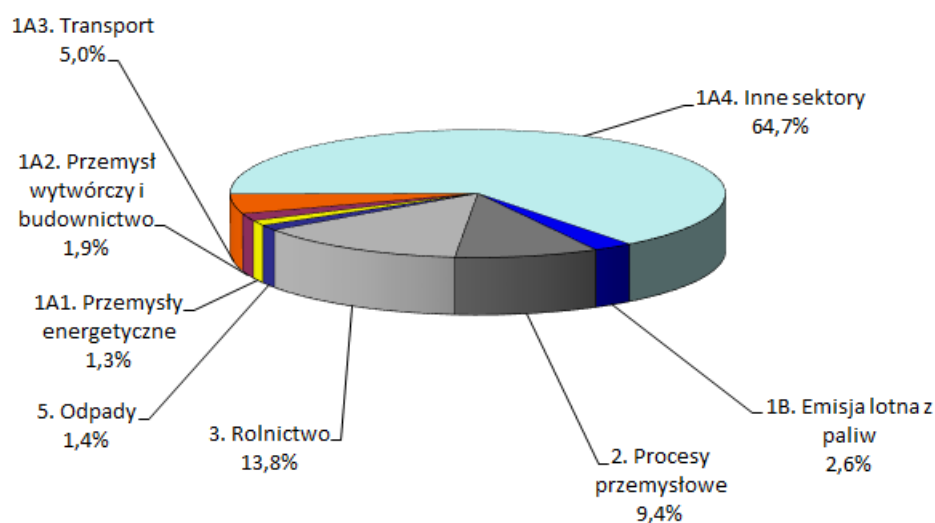
Źródła emisji	Pył PM10	Pył PM2,5
	[Gg]	[Gg]
1. Energia	226,53	198,34
A. Spalanie paliw	218,85	197,06
1. Przemysły energetyczne	3,94	2,01
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	5,67	5,33
3. Transport	14,99	9,90
4. Inne sektory	194,25	179,82
B. Emisja lotna z paliw	7,68	1,28
1. Lotna emisja z paliw stałych	7,55	1,23
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	0,13	0,05
2. Procesy przemysłowe	28,12	7,53
A. Produkty mineralne	17,49	2,70
B. Przemysł chemiczny	2,55	1,90
C. Produkcja metali	1,79	1,02
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	4,03	0,55
G. – L. Inne	2,26	1,37
3. Rolnictwo	41,47	4,15
B. Nawozy naturalne	12,39	2,49
D. Gleby rolne	29,07	1,64
F. Spalanie resztek roślinnych	0,02	0,01
5. Odpady	4,14	4,03
A. Składowiska odpadów stałych	0,00	0,00
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	1,57	1,46
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00
E. Inne	2,58	2,58
Suma	300,26	214,05

Udział emisji z poszczególnych sektorów w emisji pyłu zawieszonego dla frakcji PM2,5 i PM10 zaprezentowano na rysunku 3.1.

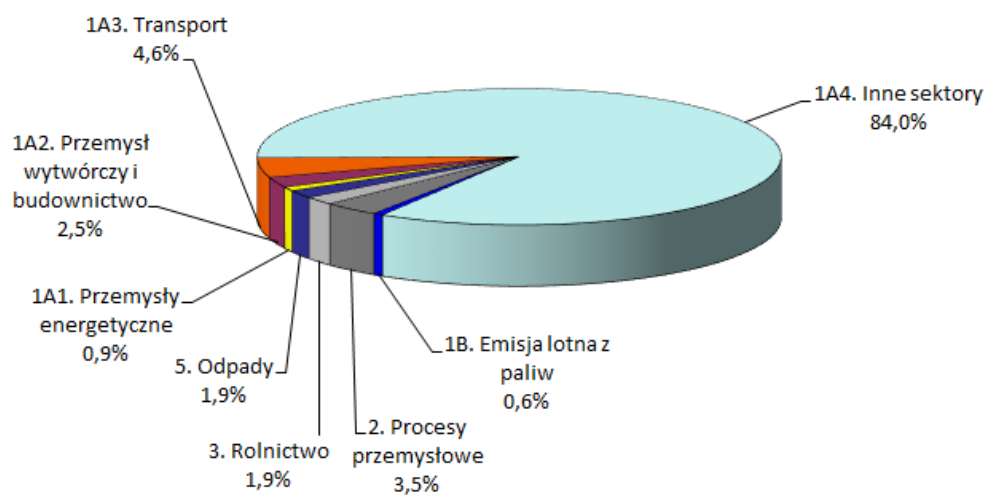
Dominującym sektorem w krajowej emisji pierwotnej pyłu zawieszonego są źródła należące do kategorii *1 Energia*. W roku 2024 z tego sektora pochodziło 75% pyłu zawieszonego PM10 i 93% pyłu drobnego PM2,5. W kategorii 1 najistotniejszą rolę odgrywa sektor *1.A Spalanie paliw* z udziałami w całości emisji odpowiednio 73% dla pyłu zawieszonego PM10 i 92% dla pyłu zawieszonego PM2,5. Większość emisji pyłu zawieszonego PM10 pochodziła w 2024 roku z kategorii *1A4. Inne sektory* – 65%, drugie i trzecie miejsca zajmowały *3. Rolnictwo* (ok. 14%) i *2. Procesy przemysłowe* (9%). Największa część emisji pyłu zawieszonego PM2,5 pochodziła w 2024 roku z kategorii *1A4. Inne sektory* (84%) i była związana głównie ze spalaniem węgla kamiennego i biomasy w gospodarstwach domowych. Na kolejnych miejscach – ze znacznie mniejszym udziałem w całkowitej emisji pyłu zawieszonego PM2,5 – znalazły się sektory: *1A3. Transport* (5%) i *2. Procesy przemysłowe* (3%).

Po uwzględnieniu frakcji kondensującej znacząco wzrósł udział sektora *1A4.* w całkowitej emisji pyłu zawieszonego.

**pył
zawieszony
PM10**



**pył
zawieszony
PM2,5**



Rys. 3.1. Główne sektory emisji pierwotnej pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w Polsce w 2024 roku
(źródło danych: KOBIZE)

Biorąc pod uwagę emisję pyłu zawieszonego w roku 2024 z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza należy stwierdzić, że 18% emisji krajowej z tego typu zakładów miało

źródło w województwie śląskim⁹. Na kolejnych miejscach znalazły się województwa kujawsko-pomorskie i mazowieckie (z udziałami w emisji krajowej wynoszącymi odpowiednio 9% i 8%), a na następnym łódzkie (7%). Listę zamykają województwa podlaskie, pomorskie i warmińsko-mazurskie (każde z udziałem poniżej 3% emisji pyłu z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza w Polsce).

Główne źródła prekursorów pyłu zawieszonego są różne dla poszczególnych związków. Dane o wielkościach emisji poszczególnych prekursorów zamieszczono w tabeli 3.2.

Dla tlenków siarki jest to energetyczne spalanie paliw (głównie węgla) w źródłach stacjonarnych (sektor A); sektor ten w roku 2024 odpowiadał za 98% krajowej emisji SO₂. W tym 46% emisji pochodziło z 1A4. *Inne sektory*, 41% z kategorii 1A1. *Przemysły energetyczne*, a 12% z sektora 1A2. *Przemysł wytwórczy i budownictwo*. Emisja SO₂ w roku 2024 była o 10% mniejsza niż w roku 2023.

Największym źródłem tlenków azotu wyemitowanych w Polsce było spalanie paliw w sektorach: 1A3. *Transport* (35%, z czego większość stanowił transport drogowy), 1A4. *Inne sektory* (21%) i 1A1. *Przemysły energetyczne* (18%). Emisja NO_x zmniejszyła się o 3% w stosunku do wartości z roku poprzedniego.

Tab. 3.2. Emisja prekursorów pyłu zawieszonego w Polsce z głównych sektorów w 2024 roku (źródło danych: KOBiZE)

Źródła emisji	SO ₂	NO _x	NH ₃	NMLZO
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[Gg]
1. Energia	239,60	391,56	4,36	255,83
A. Spalanie paliw	234,22	388,43	4,34	187,01
1. Przemysły energetyczne	96,54	87,91	0,03	2,93
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	28,64	34,06	0,08	11,79
3. Transport	0,81	167,55	3,90	51,95
4. Inne sektory	108,22	98,91	0,33	120,33
B. Emisja lotna z paliw	5,38	3,13	0,03	68,82
1. Lotna emisja z paliw stałych	0,01	0,01	0,03	43,41
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	5,37	3,12	0,00	25,41
2. Procesy przemysłowe	5,96	15,18	2,96	227,93
A. Produkty mineralne	0,00	0,00	0,00	0,00
B. Przemysł chemiczny	3,60	11,83	2,77	5,32
C. Produkcja metali	1,47	2,37	0,00	0,74
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	0,00	0,00	0,01	212,52
G. – L. Inne	0,89	0,99	0,19	9,34
3. Rolnictwo	0,00	68,54	304,59	130,05
B. Nawozy naturalne	0,00	5,39	130,80	123,21
D. Gleby rolne	0,00	63,14	173,78	6,84
F. Spalanie resztek roślinnych	0,00	0,01	0,01	0,00
5. Odpady	0,03	1,55	5,70	0,58

⁹ Ochrona środowiska 2025. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2025

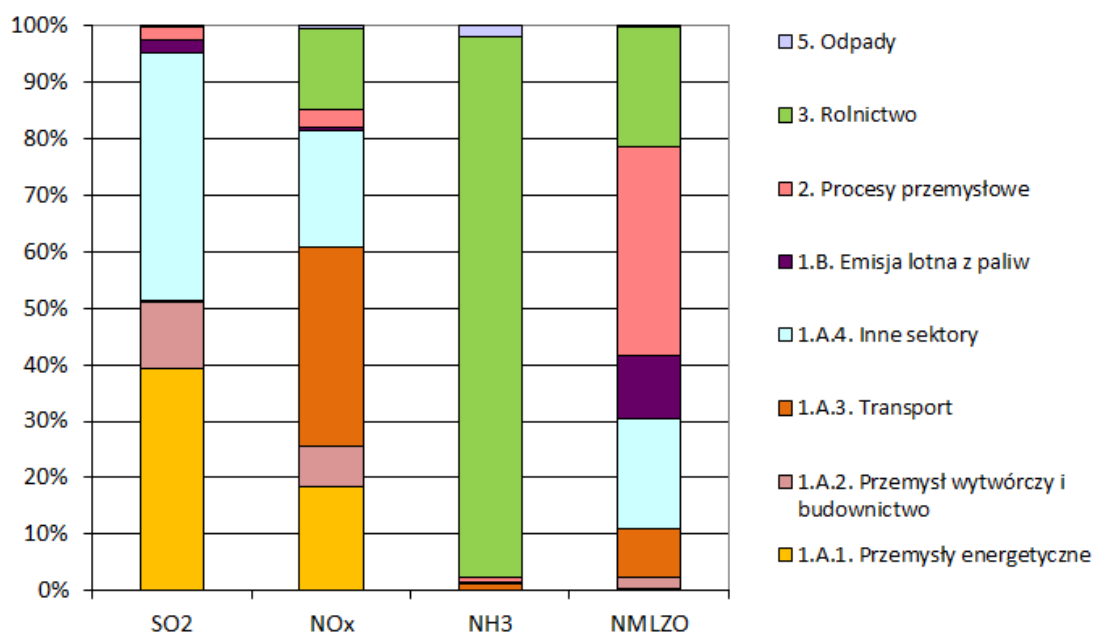
Źródła emisji	SO ₂	NO _x	NH ₃	NMLZO
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[Gg]
A. Składowiska odpadów stałych	0,00	0,00	0,00	0,12
B. Biogazownie rolnicze	-	-	2,84	-
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	0,03	1,55	0,00	0,43
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00	2,86	0,03
E. Inne	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	245,59	476,83	317,61	614,39

*NMLZO – 277,56 Gg ze źródeł naturalnych, nie wliczane do sumy krajowej

Zasadniczym źródłem emisji amoniaku są źródła należące do kategorii 3. *Rolnictwo*, które odpowiada za blisko 96% emisji NH₃ (dominują kategorie związane ze stosowaniem nawozów naturalnych i mineralnych). Całkowita emisja amoniaku w roku 2024 była o 2% wyższa od notowanej w roku 2023.

Największy udział w emisji niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) mają sektory 2. *Procesy przemysłowe* (37% emisji antropogenicznej) i 3. *Rolnictwo* i (21% emisji antropogenicznej); w procesach przemysłowych emisja pochodzi głównie z kategorii 2D. *Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów*. Kolejnymi kategoriami źródeł emisji NMLZO są kategorie 1A4. *Inne sektory* z udziałem 20% i 1B. *Emisja lotna z paliw* (11%). Emisję NMLZO ze źródeł naturalnych (lasów) szacuje się w 2024 roku na 276,5 Gg. Emisja ta jednak nie jest uwzględniana w sumie krajowej, do której wliczane są tylko NMLZO pochodzenia antropogenicznego. W stosunku do wartości z poprzedniego roku odnotowano o 4% mniejszą wartość emisji ze źródeł antropogenicznych.

Udział poszczególnych kategorii źródeł w krajowej emisji prekursorów pyłu zawieszonego 2024 roku pokazano na rysunku 3.2.



Rys. 3.2. Głównie sektory emisji prekursorów pyłu wtórnego w Polsce w 2024 roku (źródło danych: KOBiZE)

Pył zawieszony może być nośnikiem zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia – metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). W tabeli 3.3 przedstawiono wielkości emisji metali ciężkich i WWA z głównych sektorów w Polsce w 2024 roku.

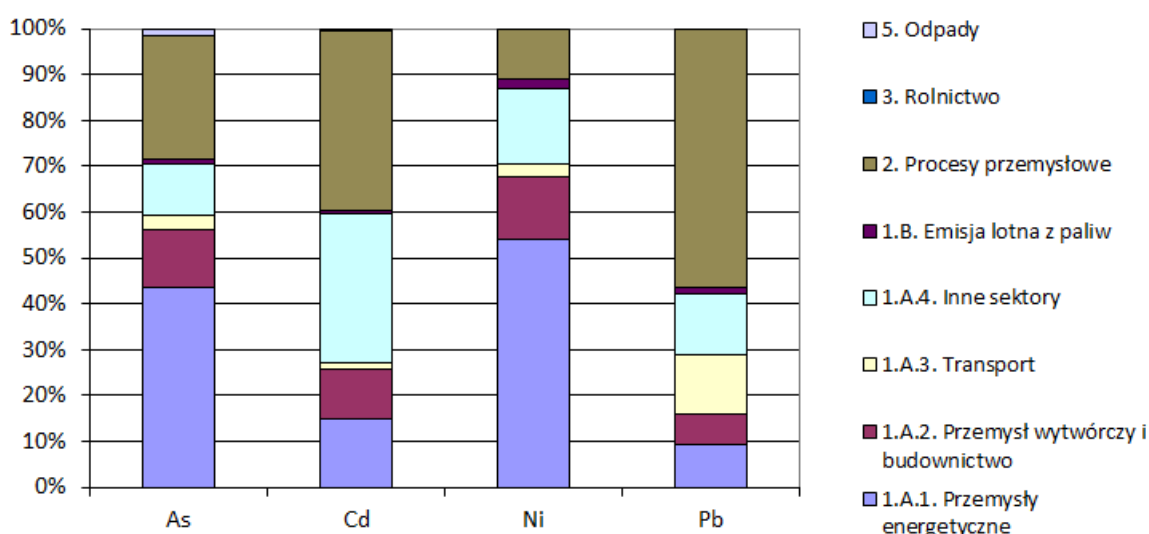
Dominującym źródłem emisji niklu, arsenu i kadmu jest spalanie paliw, szczególnie w sektorze 1A1. *Przemysły energetyczne*, którego udział w całkowitej emisji w 2024 roku stanowił w przypadku Ni 54%, a w przypadku As 44% oraz w sektorze 1A4. *Inne*, którego udział w całkowitej emisji Cd stanowił 33%. W przypadku ołowiu największym źródłem jest sektor 2. *Procesy przemysłowe*, z którego pochodziło w 2024 roku 56% emisji Pb (szczególnie istotna była kategoria 2C. *Produkcja metali*). Również emisja kadmu i arsenu z tego sektora jest na znacznym poziomie – odpowiednio 39% i 27% emisji całkowitej.

Tab. 3.3. Emisja metali ciężkich i WWA w Polsce z głównych sektorów w 2024 roku (źródło danych: KOBiZE)

Źródła emisji	As	Cd	Ni	Pb	WWA
	[Mg]	[Mg]	[Mg]	[Mg]	[Mg]
1. Energia	7,24	5,61	51,91	96,81	173,28
A. Spalanie paliw	7,13	5,54	50,86	93,84	169,25
1. Przemysły energetyczne	4,40	1,38	31,61	20,79	0,27
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	1,27	1,00	7,98	14,74	0,37
3. Transport	0,33	0,13	1,66	28,80	1,48
4. Inne sektory	1,13	3,03	9,61	29,50	167,13
B. Emisja lotna z paliw	0,10	0,07	1,05	2,97	4,03
1. Lotna emisja z paliw stałych	0,10	0,05	0,91	2,89	4,03
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	0,00	0,01	0,14	0,08	0,00
2. Procesy przemysłowe	2,70	3,65	6,53	125,25	3,81
A. Produkty mineralne	0,68	0,34	1,73	6,15	0,00
B. Przemysł chemiczny	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
C. Produkcja metali	2,01	2,67	3,19	114,20	2,81
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	0,00	0,00	0,02	0,00	0,99
G. – L. Inne	0,01	0,44	1,60	4,90	0,01
3. Rolnictwo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
B. Nawozy naturalne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D. Gleby rolne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F. Spalanie resztek roślinnych	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
5. Odpady	0,17	0,05	0,00	0,18	3,57
A. Składowiska odpadów stałych	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	0,14	0,04	0,00	0,17	3,57
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E. Inne	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00
Suma	10,11	9,31	58,44	222,24	180,67

W tym miejscu warto wspomnieć, że w roku 2024¹⁰ w emisji kadmu na trzech pierwszych miejscach plasowały się województwa mazowieckie, śląskie i dolnośląskie, w przypadku niklu: mazowieckie, śląskie i łódzkie. W przypadku emisji arsenu z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza na trzech pierwszych miejscach znalazły się wielkopolskie, dolnośląskie i śląskie, a w przypadku ołowiu śląskie, dolnośląskie i mazowieckie. Na ostatnich miejscach, z najmniejszym udziałem w całkowitej emisji, znalazły się zakłady zlokalizowane w województwach lubuskim, podlaskim i warmińsko-mazurskim.

Strukturę źródeł emisji metali ciężkich pokazano na rys. 3.3.



Rys. 3.3. Główne sektory emisji metali ciężkich w Polsce w 2024 roku (źródło danych: KOBiZE)

Emisja WWA do powietrza została oszacowana na podstawie oceny wielkości emisji czterech wskaźnikowych związków z tej grupy: benzo(a)pirenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu. W strukturze emisji WWA w Polsce dominuje kategoria 1A4. *Inne sektory* – blisko 93% krajowej emisji w 2024 roku, a główną część tej emisji stanowiła emisja z gospodarstw domowych. Po około 2% krajowej emisji pochodziło z sektorów 2. *Procesy przemysłowe* i 5. *Odpady*. W stosunku do 2023 roku emisja WWA była o 11% mniejsza.

Oprócz omówionych źródeł antropogenicznych pyłu istnieją również źródła naturalne, dla których oszacowanie wielkości emisji i określenie wkładu ilościowego do stężenia pyłu w danym punkcie jest bardzo trudne i obciążone znaczną niepewnością. Do tego typu źródeł zalicza się:

- transport naturalnych cząstek pyłu pustynnego z regionów suchych,
- aerozol morski, stanowiący zespół rozpylonych w powietrzu kropeł wody morskiej oraz/lub cząstek uformowanych w wyniku procesów parowania wody morskiej, pod wpływem działania wiatru,

¹⁰ Ochrona środowiska 2025. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2025

- wybuchy wulkanów,
- pożary, wynikające z przyczyn naturalnych lub antropogenicznych, obszarów naturalnych, bądź lasów gospodarczych oraz innej roślinności (z wyjątkiem np. rolniczego wypalania ściernisk, wypalania traw itp.),
- pierwotne cząstki aerozolu biologicznego (ang. Primary Biological Aerosol Particles PBAP), czyli zarodniki lub pyłek kwiatowy pochodzące z procesów biologicznych przedostające się do atmosfery bez zmian ich składu chemicznego,
- wtórny aerozol organiczny (biogeniczny) (ang. Secondary Organic Aerosol SOA) - organiczna frakcja aerozolu wtórnego, tworząca się w atmosferze w wyniku reakcji łańcuchowych lotnych związków organicznych emitowanych przez pokrywę glebową i rośliny oraz produkty ich rozkładu¹¹.

Znaczne ilości pyłu wprowadzane są do powietrza także w procesie resuspensji, czyli ponownego porywania cząstek pyłu, które wcześniej osiadły na powierzchni. Oszacowanie wielkości emisji dla tego procesu jest niezwykle trudne, gdyż jest ona kształtowana przez wiele czynników, wśród których najważniejsze są warunki meteorologiczne i rodzaj podłoża.

Drobny pył wyemitowany lub tworzący się w atmosferze może być przenoszony na dalekie odległości – setki, a nawet tysiące kilometrów od źródła emisji. Tym samym pył badany na stacjach tła regionalnego może pochodzić z różnych źródeł, często zlokalizowanych w znacznej odległości od nich. Badania składu pyłu zawieszonego PM_{2,5} mogą pomóc w identyfikacji źródeł emisji mających wpływ na kształtowanie zarówno stężenia, jak i składu pyłu w rejonach reprezentowanych przez te stacje. Podobne znaczenie mogą mieć badania depozycji zanieczyszczeń docierających do podłoża w wyniku suchego osiadania i wymywania przez opady atmosferyczne.

¹¹ *Commission Staff Working Paper establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe. SEC (2001) 208. European Commission, Brussels, 15.02.2011*

4. Opis stacji

Pomiary na stacjach tła regionalnego realizowane są zgodnie z wymaganiami określonymi w aktualnym *Rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*¹² (które zastąpiło wcześniejsze rozporządzenia z lat 2018¹³ i 2012¹⁴). Rozporządzenie transponuje zapisy *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy*¹⁵ oraz *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu*¹⁶, a także *Dyrektywy Komisji (UE) 2015/1480 zmieniającej niektóre załączniki do dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE i 2008/50/WE*¹⁷. Na mocy tych przepisów prowadzi się w Polsce pomiary składu chemicznego pyłu zawieszonego i depozycji całkowitej metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w co najmniej trzech punktach pomiarowych tła regionalnego.

Obowiązek ten, jako odrębne zadanie, został również uwzględniony w aktualnym w danym roku Programie Państwowego Monitoringu Środowiska i Wykonawczym Programie Państwowego Monitoringu Środowiska – Monitoring jakości powietrza. Podstawowymi celami wykonywania tych pomiarów jest monitorowanie transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń pyłowych oraz opracowywanie ocen jakości powietrza na obszarach tła regionalnego.

Do realizacji programu określonego dla stacji tła regionalnego, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska wytypował trzy stacje z pełnym programem pomiarowym (obejmującym badania pyłu zawieszonego PM10, pyłu zawieszonego PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA) - stacje tła regionalnego:

- **Osieczów** (województwo dolnośląskie), taka sama nazwa jest stosowana w niniejszym opracowaniu,
- **KMŚ Puszcza Borecka** (województwo warmińsko-mazurskie) - stosowana nazwa w niniejszym opracowaniu - **Puszcza Borecka**,
- **Bory Tucholskie** (województwo kujawsko-pomorskie) - stosowana nazwa w niniejszym opracowaniu – **Zielonka**,

¹² *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; t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 870)

¹³ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2018 r. poz. 1119)

¹⁴ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)

¹⁵ *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy* (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str. 1 oraz Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4)

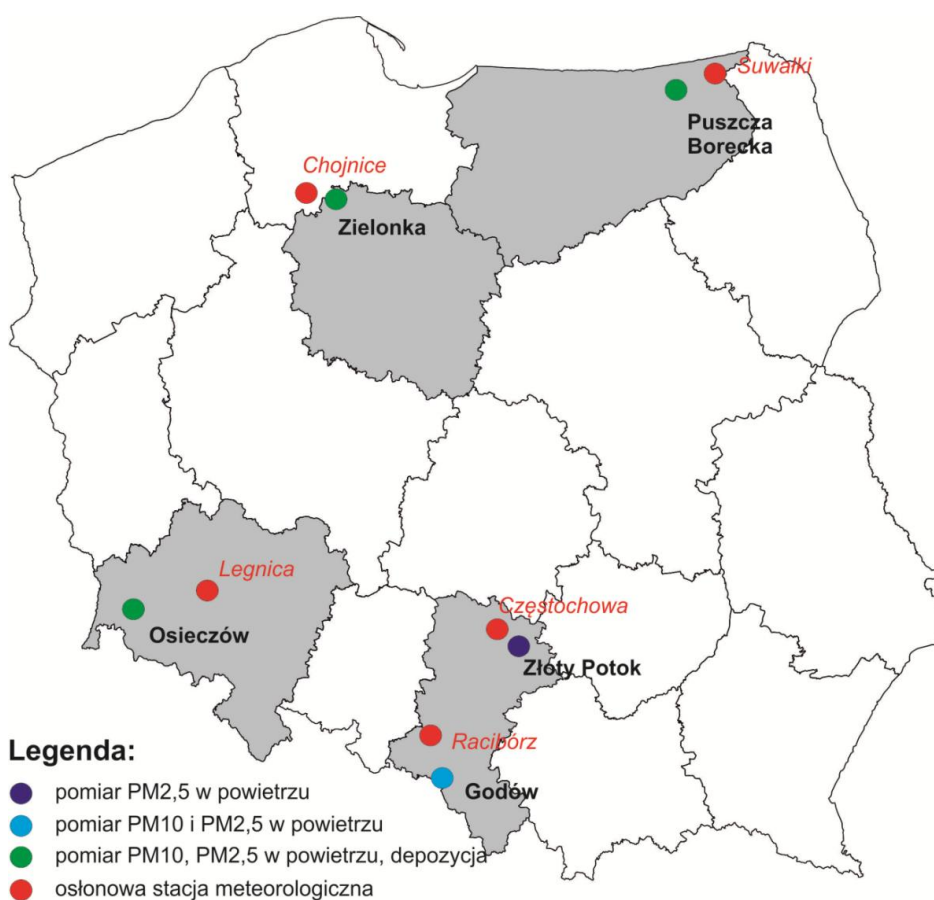
¹⁶ *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu* (Dz. Urz. UE L 23 z 26.01.2005, str. 3, Dz. Urz. UE L 87 z 31.03.2009, str. 109 oraz Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4)

¹⁷ *Dyrektywa Komisji (UE) 2015/1480 z dnia 28 sierpnia 2015 r. zmieniającą niektóre załączniki do dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE i 2008/50/WE ustanawiających przepisy dotyczące metod referencyjnych, zatwierdzania danych i lokalizacji punktów pomiarowych do oceny jakości powietrza* (Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4)

oraz dwie dodatkowe stacje (zlokalizowane w województwie śląskim), na których badane są zanieczyszczenia pyłowe:

- **Godów, ul. Gliniki** (stacja monitorująca transgraniczny napływ zanieczyszczeń) - stosowana nazwa w niniejszym opracowaniu – **Godów**,
- **Złoty Potok, Leśniczówka** (stacja tła pozamiejskiego dla województwa śląskiego) - stosowana nazwa w niniejszym opracowaniu – **Złoty Potok**.

W dalszej części, w analizach prowadzonych dla wszystkich stacji, używa się określenia "stacje tła". Lokalizację stacji tła regionalnego w Polsce oraz stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie wraz ze stacjami osłonowymi pokazano na mapie (Rys. 4.1).



Rys. 4.1. Lokalizacja stacji tła regionalnego i stacji monitorującej transgraniczny napływ zanieczyszczeń oraz osłonowych stacji meteorologicznych (źródło danych: PMŚ/IMGW-PIB/IOŚ-PIB)

Podstawowe informacje o stacjach zamieszczono w tabeli 4.1, wskazując ich lokalizację, jednostkę nadzorującą/właściciela stacji) oraz kody stacji funkcjonujące w krajowym Systemie Informatycznym Ekoinfonet (SI Ekoinfonet) i Europejskiej Sieci Informacji i Obserwacji Środowiska (EIONET). Ponadto, dla każdej stacji podano informacje o tym, która stacja meteorologiczna została wytypowana jako stacja osłonowa. Dane z tych stacji wykorzystano do oceny zmienności warunków meteorologicznych w rejonie tych stacji w

latach 2010-2025 (rozdział 5). W tabeli zaznaczono również elementy programu pomiarowego realizowanego w roku 2025.

Dla każdej stacji oddzielnie, przedstawiono szczegółowe informacje o jednostkach prowadzących pomiary oraz o laboratoriach wykonujących analizy z uwzględnieniem zakresu pomiarowego.

Tab. 4.1. Podstawowe informacje o stacjach tła regionalnego w Polsce i stacji Godów*
(źródło danych: PMŚ/IMGW-PIB/IOŚ-PIB)

Informacja	Nazwy stacji stosowane w raporcie				
	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
Województwo	śląskie	dolnośląskie	warmińsko-mazurskie	kujawsko-pomorskie	śląskie
Współrzędne	18°28'17" E	15°25'54" E	22°02'17" E	17°56'00" E	19°27'29" E
	49°55'19" N	51°19'04" N	54°07'30" N	53°39'00" N	50°42'38" N
Właściciel stacji	GIOŚ CLB Oddział w Katowicach	GIOŚ CLB Oddział we Wrocławiu	IOŚ-PIB w Warszawie	GIOŚ CLB Oddział w Bydgoszczy	GIOŚ CLB Oddział w Katowicach
Kod w SI Ekoinfonet (od 2015 roku)	SlGodGlinki	DsOsieczow21	WmPuszczaBor	KpZielBoryTu	SlZlotPotLes
Nazwa w SI Ekoinfonet	Godów, ul. Gliniki	Osieczów	KMŚ Puszcza Borecka	Bory Tucholskie	Złoty Potok, Leśniczówka
Kod w EIONET	PL0527A	PL0505A	PL0005R	PL0077A	PL0243A
Stacja osłonowa	Racibórz	Legnica	Suwałki	Chojnice	Częstochowa
Elementy realizowanego programu w roku 2025					
Pył zawieszony PM10	PM10	+	+	+	+
	Ni	+	+	+	+
	As	+	+	+	+
	Cd	+	+	+	+
	Pb	+	+	+	+
	B(a)P	+	+	+	+
	B(a)A		+	+	+
	B(b)F		+	+	+
	B(j)F		+	+	+
	B(k)F		+	+	+
	I(1,2,3-cd)P		+	+	+
	D(a,h)A		+	+	+
Pył zawieszony PM2,5	PM2,5	+	+	+	+
	SO ₄ ²⁻	+	+	+	+
	NO ₃ ⁻	+	+	+	+
	Cl ⁻	+	+	+	+
	Mg ²⁺	+	+	+	+
	Ca ²⁺	+	+	+	+
	Na ⁺	+	+	+	+
	K ⁺	+	+	+	+
	NH ₄ ⁺	+	+	+	+
	EC	+	+	+	+
	OC	+	+	+	+
Depoz	Ni		+	+	
	As		+	+	
	Cd		+	+	

Informacja	Nazwy stacji stosowane w raporcie				
	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
B(a)P		+	+	+	
B(a)A		+	+	+	
B(b)F		+	+	+	
B(j)F		+	+	+	
B(k)F		+	+	+	
I(1,2,3-cd)P		+	+	+	
D(a,h)A		+	+	+	

CLB – Centralne Laboratorium Badawcze

* Godów – stacja podmiejska, monitorująca transgraniczne przenoszenie zanieczyszczeń

+ dane uwzględnione w opracowaniu

OSIECZÓW

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Pracownia Pomiarów Powietrza w Jeleniej Górze (pobieranie próbek)*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Jeleniej Górze*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Legnicy*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia we Wrocławiu*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył zawieszony PM10:
 - pomiary stężenia pyłu (*Legnica – kondycjonowanie i ważenie filtrów*),
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As (*Jelenia Góra*),
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A (*Wrocław*),
- ✓ pył zawieszony PM2,5:
 - pomiary stężenia pyłu (*Legnica*),
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (*Jelenia Góra*),
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Jelenia Góra*),
- ✓ opady/depozycja:
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As (*Jelenia Góra*),
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A (*Wrocław*).

PUSZCZA BORECKA

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Stacja Kompleksowego Monitoringu Środowiska Puszcza Borecka*
- *Centralne Laboratorium Analiz Środowiskowych CentLab /Laboratorium Fizykochemiczne IOŚ-PIB*
- *Centralne Laboratorium Badawcze GIOŚ Oddział w Warszawie*
 - *Warszawa (metale ciężkie w pyłe zawieszonym PM10)*
 - *Radom (WWA w pyłe zawieszonym PM10)*
- *Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze (EC i OC)*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył zawieszony PM10:

- pomiary stężenia pyłu (*CentLab/ Laboratorium Fizykochemiczne IOŚ-PIB*),
- oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As (*CLB Warszawa*),
- oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A (*CLB Radom*),
- ✓ pył zawieszony PM_{2,5}:
 - pomiary stężenia pyłu (*CentLab/ Laboratorium Fizykochemiczne IOŚ-PIB*),
 - oznaczanie stężeń jonów: SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ (*CentLab/ Laboratorium Fizykochemiczne IOŚ-PIB*),
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*IPIŚ PAN Zabrze*),
- ✓ opady/depozycja:
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As (*CentLab IOŚ-PIB*),
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A (*CentLab/ Laboratorium Fizykochemiczne IOŚ-PIB*).

ZIELONKA

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Bydgoszczy

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Pracownia Pomiarów Powietrza w Bydgoszczy (pobieranie próbek)*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Bydgoszczy*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Łodzi, Pracownia w Łodzi*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Jeleniej Górze (EC i OC)*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył zawieszony PM₁₀:
 - pomiary stężenia pyłu (*Bydgoszcz*),
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As (*Łódź*),
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A (*Łódź*),
- ✓ pył zawieszony PM_{2,5}:
 - pomiary stężenia pyłu (*Bydgoszcz*),
 - oznaczanie stężeń jonów: SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ (*Bydgoszcz*),
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Jelenia Góra*),
- ✓ opady/depozycja:
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As (*Bydgoszcz*),
 - oznaczanie stężeń B(a)P, B(A)a, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P, D(a,h)A (*Bydgoszcz*).

ZŁOTY POTOK

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Pracownia Pomiarów Powietrza w Katowicach (pobieranie próbek)*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie*

- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Jeleniej Górze (EC i OC)*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył zawieszony PM_{2,5}:
 - pomiary stężenia pyłu (*Częstochowa*),
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (*Częstochowa*),
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Jelenia Góra*).

GODÓW

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *Pracownia Pomiarów Powietrza w Katowicach (pobieranie próbek)*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie*
- *Centralne Laboratorium Badawcze Oddział we Wrocławiu, Pracownia w Jeleniej Górze (EC i OC)*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył zawieszony PM₁₀:
 - pomiary stężenia pyłu (*Częstochowa*),
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As (*Częstochowa*),
 - oznaczanie stężeń B(a)P (*Częstochowa*),
 - ✓ pył zawieszony PM_{2,5}:
 - pomiary stężenia pyłu (*Częstochowa*),
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (*Częstochowa*),
- oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Jelenia Góra*).

5. Charakterystyka warunków meteorologicznych

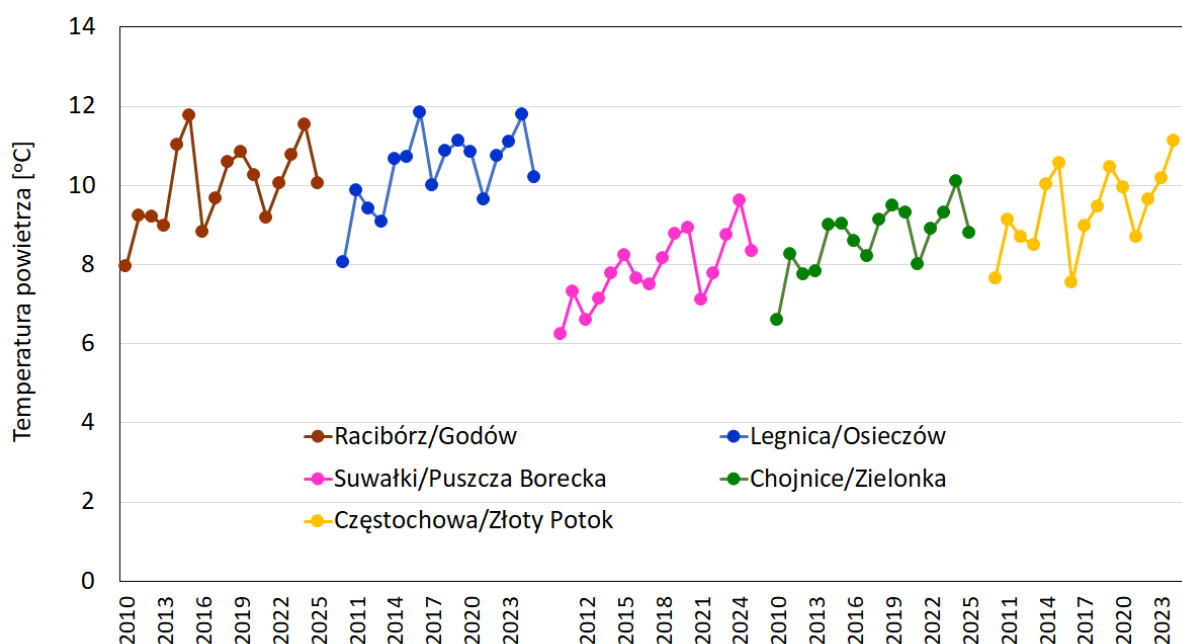
W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe informacje dotyczące zmienności wybranych parametrów meteorologicznych w roku 2025 na tle okresu 2010-2024. W ocenie uwzględniono zmiany temperatury, wysokości opadu i kierunku napływu mas powietrza nad Polskę (wg kierunków cyrkulacji dobowych wyznaczonych przez IMGW-PIB). Analizę warunków meteorologicznych w rejonach stacji tła regionalnego oraz stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie przeprowadzono na podstawie danych IMGW-PIB, pochodzących z wybranych stacji osłonowych – reprezentatywnych dla analizowanych stacji (Tab. 4.1, rozdział 4).

Należy mieć na uwadze, że dane o opadach z meteorologicznych stacji osłonowych posłużyły tylko do oceny skali i tendencji zmian warunków opadowych w rejonach stacji tła regionalnego. Dlatego też, wielkość depozycji zanieczyszczeń do podłoża, prezentowanej w rozdziale 6.5, obliczono z uwzględnieniem wyników pomiarów wysokości opadu atmosferycznego, pochodzących z kolektorów zlokalizowanych na poszczególnych stacjach tła regionalnego.

Temperatura powietrza

Temperatura powietrza jest głównym elementem meteorologicznym, mającym znaczący wpływ na obserwowane wysokości stężeń wielu zanieczyszczeń powietrza. W sezonie chłodnym, przy niskich temperaturach powietrza, zwiększa się zapotrzebowanie na ciepło i tym samym wzrasta emisja zanieczyszczeń w wyniku produkcji energii pochodzącej ze spalania paliw kopalnych (w tym przede wszystkim węgla) i biomasy. W sezonie ciepłym, wysoka temperatura sprzyja reakcjom zachodzącym w atmosferze i tworzeniu się wtórnego aerozolu, natomiast przy bardzo wysokich temperaturach zwiększa się produkcja energii (i tym samym emisja zanieczyszczeń) potrzebnej do zasilania urządzeń chłodzących. Ponadto, obok wysokich emisji, niesprzyjające warunki rozpraszania zanieczyszczeń (powolny ruch mas powietrza lub ciche wiatrowe, czy zalegające układy wysokiego ciśnienia) przyczyniają się do powstawania epizodów podwyższonych stężeń.

W roku 2025 średnie temperatury powietrza w rejonach stacji tła regionalnego były jednymi z najwyższych w analizowanym okresie 2010-2025 (Rys.5.1). Średnia temperatura dla 5 stacji była wyższa od wartości przeciętnej dla wielolecia o $0,4^{\circ}\text{C}$, ale niższa od notowanej w roku poprzednim o $1,4^{\circ}\text{C}$. W stosunku do wartości średniej z wielolecia 2010-2024 największy wzrost temperatury zanotowano, jak zwykle, dla rejonu stacji Godów, a najmniejszy wzrost – w rejonie stacji Osieczów. Podobnie, jak w latach wcześniejszych, najwyższą temperaturą średnią roczną zanotowano w 2025 roku w rejonie stacji Osieczów, a najniższą – w rejonie stacji Puszcza Borecka. W analizowanym okresie 2010-2025, w rejonach większości stacji, najchłodniejszym był rok 2010, natomiast najcieplejszym – 2024. Różnice średnich rocznych wartości temperatury pomiędzy tymi skrajnymi latami dochodziły do $3,5^{\circ}\text{C}$.



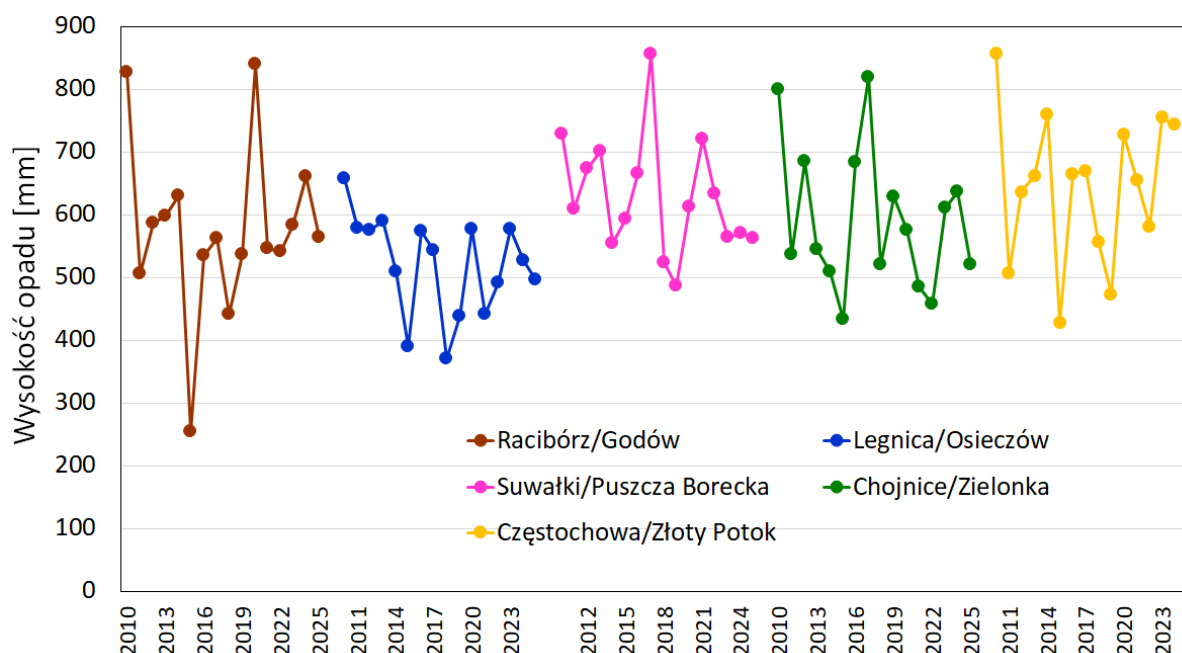
Rys. 5.1. Średnie roczne wartości temperatury powietrza w latach 2010-2025 w rejonach stacji tła regionalnego oraz stacji Godów (źródło danych: IMGW-PIB)

Opad atmosferyczny

Poza temperaturą, istotnym elementem meteorologicznym, mającym wpływ na jakość powietrza atmosferycznego oraz wielkość deponowanych do podłoża ładunków zanieczyszczeń, jest opad atmosferyczny, który poprzez wymywanie przyczynia się do spadku stężeń niektórych zanieczyszczeń atmosfery.

W 2025 roku sumy wysokości opadów w rejonach stacji tła regionalnego były na przeciętnym poziomie – na ogół niższym w stosunku do roku poprzedniego (za wyjątkiem Złotego Potoku) i wyższym względem średniego dla wielolecia 2010-2024 (po kilka-kilkanaście procent). Najwyższe opady w roku 2025 wystąpiły w rejonie stacji Godów i Puszcza Borecka, a najniższe w rejonie stacji Osieczów (Rys. 5.2).

W ciągu roku 2025 opady były, jak zwykle, zróżnicowane w czasie i przestrzeni. Należy zaznaczyć, że na większości stacji zanotowano niskie opady na wiosnę, co stwarzało zagrożenie suszą w Polsce.

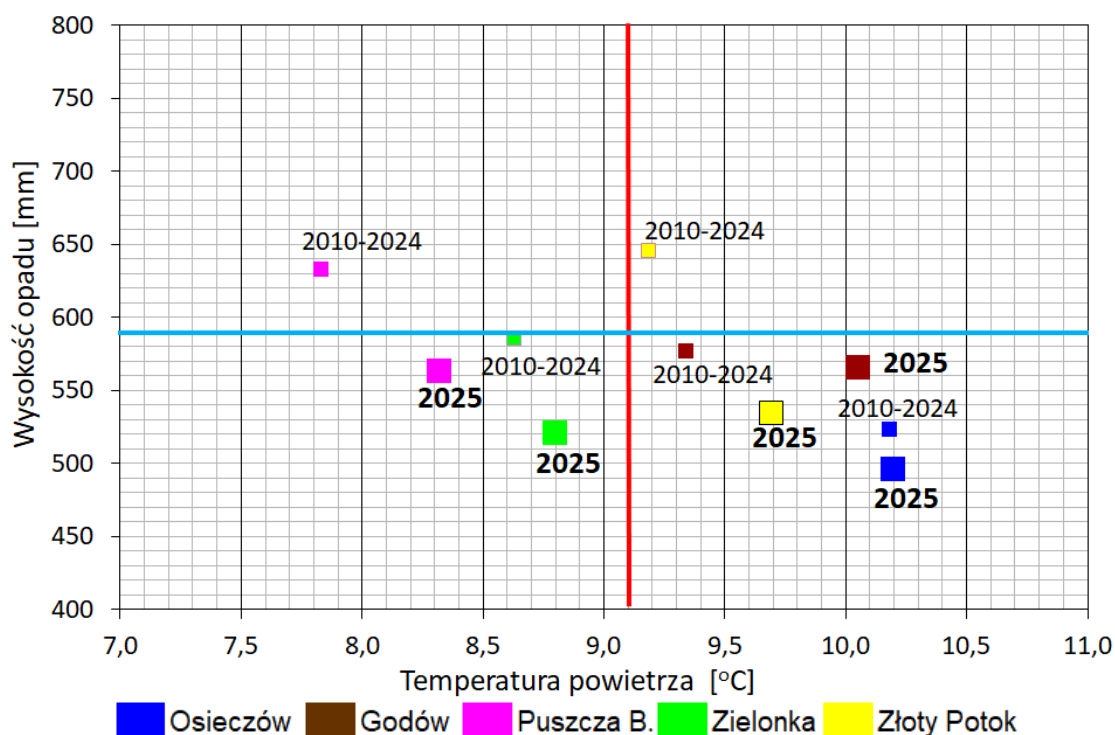


Rys. 5.2. Sumy roczne wysokości opadu w latach 2010-2025 w rejonach stacji tła regionalnego oraz stacji Godów (źródło danych: IMGW-PIB)

Cechą charakterystyczną warunków opadowych obserwowanych na większości stacji osłonowych w roku 2025 był bogatszy w opady sezon ciepły niż chłodny.

Warunki termiczno-opadowe

Charakterystykę warunków termiczno-opadowych dla rejonów każdej z analizowanych w stacji tła regionalnego w roku 2025, w porównaniu ze średnimi warunkami dla okresu 2010-2024, obrazuje rysunek 5.3. Linie pionową i poziomą wyznaczono na podstawie wartości średnich, obliczonych dla wszystkich stacji osłonowych z analizowanych lat, odpowiednio dla temperatury powietrza (kolor czerwony) i wysokości sumarycznych opadów (kolor niebieski). Punkt przecięcia się tych linii wyznacza przeciętne warunki termiczne i opadowe w rozważanym okresie.



Rys. 5.3. Charakterystyka warunków termiczno-opadowych w latach 2010-2025 dla uśrednionych wartości temperatury i wysokości opadu dla 5 stacji tła (źródło danych: IMGW-PIB)

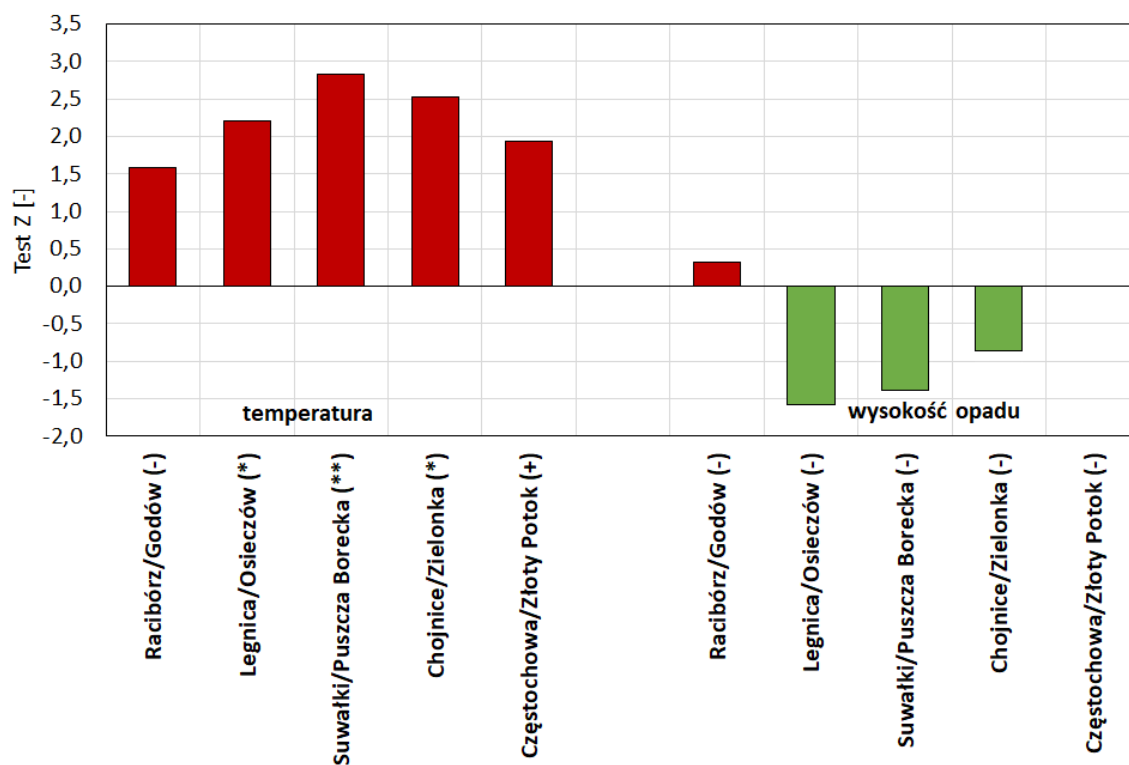
Należy zaznaczyć, że o ile reprezentatywność przestrzenna wybranych stacji osłonowych pod względem temperatury powietrza jest bardzo dobra (różnice w stosunku do wyników pomiarów prowadzonych na wybranych stacjach PMŚ z reguły nie przekraczają poziomu niepewności pomiarów), o tyle reprezentatywność wysokości opadów jest dużo mniejsza, gdyż opady należą do najbardziej zmiennych w czasie i przestrzeni elementów meteorologicznych. Stąd też wysokości opadów na stacjach osłonowych i na stacjach tła mogą się różnić. Te różnice mogą być pogłębione z powodu stosowania innych metod pomiaru. Na stacjach meteorologicznych IMGW-PIB stosowane są deszczomierze, umieszczone na wysokości 1 m n.p.g., natomiast na stacjach tła - kolektory opadu o większej średnicy komory wlotu opadu, zainstalowane na wysokości 1,5 m n.p.g.

W roku 2025, podobnie jak w całym analizowanym wieloleciu, najcieplejszym obszarem był rejon stacji Osieczów, natomiast najchłodniejszym - rejon stacji Puszcza Borecka. Można zauważyć, że temperatura w roku 2025 najbardziej wzrosła względem przeciętnej wieloletniej wartości w rejonie stacji Godów, a w rejonie stacji Osieczów była równa średniej z wielolecia. Dla rejonów wszystkich stacji odnotowano niższe sumy w roku 2025 niż średnie w okresie 2010-2024. Największy spadek wysokości opadów względem średniej wartości z wielolecia zanotowano dla rejonu stacji Złoty Potok, a najmniejszy – dla rejonu stacji Godów.

W roku 2025 najbardziej zbliżonym do przeciętnych warunków meteorologicznych w wieloleciu pod względem temperatury powietrza i opadów atmosferycznych był rejon stacji Osieczów.

Dla średnich rocznych wartości temperatury powietrza i sumarycznych wysokości opadów przeprowadzono analizę trendów. Wykazała ona istnienie trendów rosnących o różnym stopniu istotności dla temperatury w rejonach wszystkich stacji tła regionalnego, najbardziej

istotnych w rejonie stacji Puszcza Borecka i tendencji rosnącej w rejonie stacji Godów (Rys. 5.4). W przypadku opadów nie stwierdzono trendów, a jedynie tendencje – rosnącą w rejonie stacji Godów, a malejące w rejonie stacji Osieczów, Puszcza Borecka, Zielonka; żadnej tendencji nie stwierdzono w rejonie stacji Złoty Potok ($Z=0$).

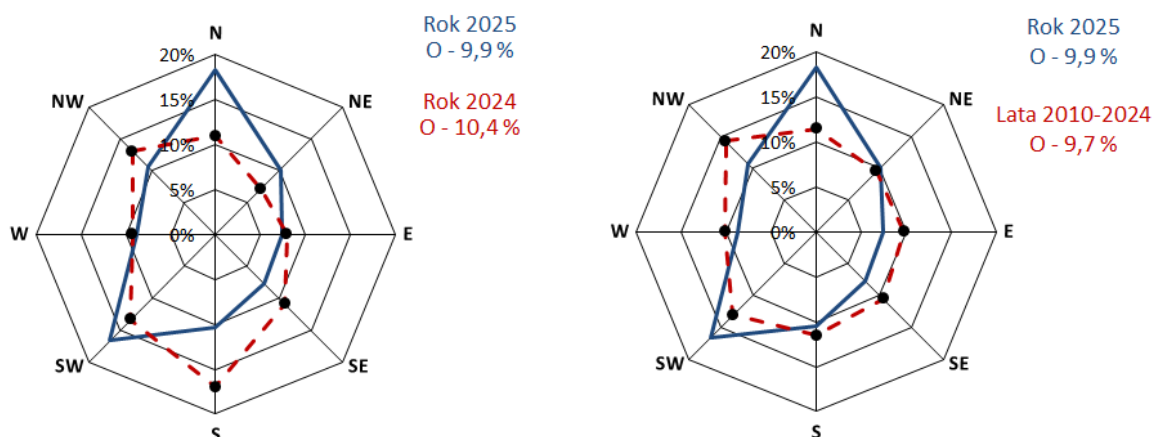


Rys. 5.4. Trendy i tendencje zmian średnich rocznych temperatur i sum wysokości opadów w rejonach stacjach tła regionalnego i stacji w Godowie w latach 2010-2025 (źródło danych: IMGW-PIB)

Kierunek napływu mas powietrza

Przedstawione poniżej cyrkulacje powietrza charakteryzują przeciętne kierunki napływu mas powietrza dla obszaru Polski i częstości występowania typu cyrkulacji tzw. zerowej (0), charakteryzującej się niekreślonym kierunkiem napływu mas powietrza. Cyrkulacja atmosferyczna, jako element wielkoskalowy, może lepiej odzwierciedlać przemieszczanie się mas powietrza niż kierunki wiatru zmierzone na stacjach, które są uwarunkowane orografią terenu i różnorodną szatą roślinną.

W roku 2025 nad Polskę najczęściej napływały masy powietrza z kierunków północnego i południowo-zachodniego (odpowiednio około 18% i 17%), a najrzadziej - z południowo-wschodniego i zachodniego (odpowiednio około 8% i 9%)(Rys. 5.5).



Rys. 5.5. Częstość wstępowania kierunków cyrkulacji atmosferycznej w roku 2025 na tle roku 2024 i okresu 2010-2024 (źródło danych: IMGW-PIB)

W stosunku do roku poprzedniego zyskały na znaczeniu kierunki: północny, północno-wschodni i południowo-zachodni, kosztem kierunków południowego, południowo-wschodniego i północno-zachodniego. W latach wcześniejszych (2010-2024) masy powietrza napływały najczęściej z sektora zachodniego (SW-W-NW, w sumie 37%), natomiast rzadziej obserwowano napływy mas powietrza z sektora wschodniego (NE-E-SE, w sumie 30%). Sytuacje braku wyróżnionego kierunku napływu mas powietrza (O) w 2025 roku trwały przez 9,9% czasu, czyli podobnie jak w roku poprzednim i średnio w wieloleciu (9,7%). Należy zaznaczyć, że o ile cyrkulacji zerowej przypisujemy najczęściej słabe i nieokreślone wiatry, to jednak nie można zawsze utożsamiać jej z pogodą bezwietrzną, ponieważ notowano w tych okresach porywy wiatru rzędu 10 m/s, podobnie jak przy cyrkulacji antycyklonalnej.

Cechą charakterystyczną napływu mas powietrza w roku 2025 nad stację tła w stosunku do lat ubiegłych była ponadprzeciętna częstość występowania cyrkulacji z kierunków sektora północnego, która miała miejsce kosztem napływu z sektora wschodniego.

6. Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach tła

6.1. Pył zawieszony PM10

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*¹⁸, na stacjach tła pozamiejskiego w próbkach zebranego pyłu zawieszonego PM10 oznaczane są metale ciężkie (nikiel, arsen, kadm i ołów) oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (benzo(a)piren, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)piren i dibenzo(a,h)antracen).

Pełen program pomiarowy dla pyłu zawieszonego PM10 w latach 2010-2024 realizowany był na trzech stacjach: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka. Na stacji Godów oznaczano wymagane metale, a spośród WWA - jedynie benzo(a)piren.

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu*¹⁹, pył zawieszony PM10 i oznaczane w nim metale: Pb, As, Ni i Cd oraz przedstawiciel WWA - B(a)P są zanieczyszczeniami normowanymi dla kryterium ochrona zdrowia (Tab. 6.1.1). Stężenie pyłu zawieszonego PM10 normowane jest dla dwóch czasów uśredniania: doby i roku kalendarzowego, natomiast stężenia metali ciężkich oraz benzo(a)pirenu dla roku kalendarzowego.

Tab. 6.1.1. Poziomy dopuszczalne i docelowe dla stężenia pyłu zawieszonego PM10 oraz zawartych w nim metali ciężkich i WWA dla kryterium ochrony zdrowia

Kryterium	Zanieczyszczenie	Czas uśredniania	Wartość
Poziom dopuszczalny	Pył zawieszony PM10	Rok kalendarzowy	40 µg/m ³
		24 godziny ^{*)}	50 µg/m ³
	Ołów (Pb) w pyłe zawieszonym PM10	Rok kalendarzowy	0,5 µg/m ³
Poziom docelowy	Arsen (As) w pyłe zawieszonym PM10	Rok kalendarzowy	6 ng/m ³
	Kadm (Cd) w pyłe zawieszonym PM10	Rok kalendarzowy	5 ng/m ³
	Nikiel (Ni) w pyłe zawieszonym PM10	Rok kalendarzowy	20 ng/m ³
	Benzo(a)piren (B(a)P) w pyłe zawieszonym PM10	Rok kalendarzowy	1 ng/m ³

^{*)} dopuszczalna częstość przekroczeń – 35 razy

Wyniki analiz w zakresie objętym tabelą 6.1.1 zawarto w poniższych rozdziałach – dla pyłu zawieszonego PM10 w rozdziale 6.1.1, dla metali ciężkich w 6.1.2 a dla WWA w 6.1.3.

¹⁸ Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2024 r. poz. 870)

¹⁹ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2021 r. poz. 845)

W tabeli 6.1.2 przedstawiono wyniki pomiarów stężenia pyłu zawieszonego PM10 prowadzonych na czterech stacjach: Godów, Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka w latach 2010-2025, jako wartości stężeń średnich rocznych, w odniesieniu do poziomu dopuszczalnego oraz liczby dni z przekroczeniem dobowego poziomu dopuszczalnego (kolorem czerwonym zaznaczono wartości przekraczające standard jakości powietrza). W roku 2025 na żadnej ze stacji tła regionalnego i - po raz siódmy (od roku 2019) - na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie nie odnotowano przekroczenia poziomu dopuszczalnego stężenia pyłu zawieszonego PM10 dla wartości średniej rocznej.

Tab. 6.1.2. Stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM10 i ich odniesienia do norm jakości powietrza na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2025. Kolorem czerwonym zaznaczono wartości przekraczające normę (źródło danych: PMŚ) Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM10	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego (śr. rocznego)	Częstość przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla wartości 24- godzinnych
		[µg/m³]	[%]	[Liczba dni]
2010	Godów	59,2	148	148
	Osieczów	26,0	65	37
	Puszcza Borecka	18,8	47	9
	Zielonka	24,0	60	31
2011	Godów	52,4	131	122
	Osieczów	24,8	62	42
	Puszcza Borecka	17,0	43	6
	Zielonka	23,8	59	28
2012	Godów	45,4	114	85
	Osieczów	22,3	56	35
	Puszcza Borecka	16,0	40	4
	Zielonka	19,1	48	15
2013	Godów	51,0	127	123
	Osieczów	22,5	56	27
	Puszcza Borecka	15,7	39	6
	Zielonka	17,6	44	7
2014	Godów	50,2	125	125
	Osieczów	20,4	51	17
	Puszcza Borecka	20,0	50	8
	Zielonka	19,3	48	12
2015	Godów	44,1	110	99
	Osieczów	18,7	47	13
	Puszcza Borecka	17,3	43	8
	Zielonka	17,5	44	10
2016	Godów	42,3	106	95
	Osieczów	19,6	49	19
	Puszcza Borecka	15,7	39	5
	Zielonka	15,6	39	3
2017	Godów	39,1	98	66
	Osieczów	19,6	49	23

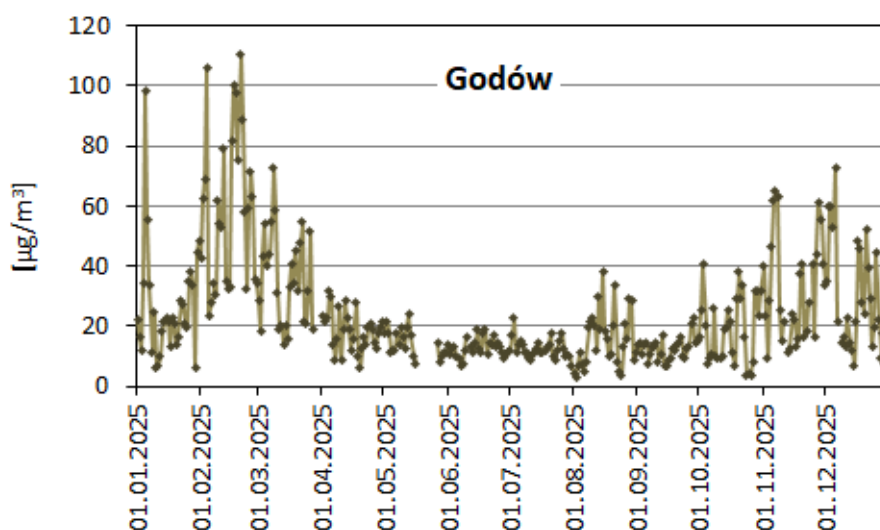
Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM10	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego (śr. rocznego)	Częstość przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla wartości 24- godzinnych
		[µg/m³]	[%]	[Liczba dni]
	Puszcza Borecka	15,5	39	4
	Zielonka	16,0	40	13
2018	Godów	45,6	114	94
	Osieczów	22,1	55	15
	Puszcza Borecka	16,8	42	3
	Zielonka	19,8	50	11
2019	Godów	38,0	95	80
	Osieczów	18,4	46	10
	Puszcza Borecka	16,1	40	3
	Zielonka	15,4	38	2
2020	Godów	31,2	78	45
	Osieczów	15,9	40	3
	Puszcza Borecka	12,9	32	2
	Zielonka	14,7	37	1
2021	Godów	35,7	89	69
	Osieczów	16,9	42	6
	Puszcza Borecka	13,6	34	1
	Zielonka	15,7	39	7
2022	Godów	28,9	72	47
	Osieczów	17,4	43	4
	Puszcza Borecka	13,3	33	0
	Zielonka	13,7	34	1
2023	Godów	22,3	56	23
	Osieczów	16,0	40	3
	Puszcza Borecka	11,8	30	0
	Zielonka	12,1	30	0
2024	Godów	25,8	64	26
	Osieczów	14,3	36	3
	Puszcza Borecka	13,7	34	1
	Zielonka	11,9	30	2
2025	Godów	23,8	59	35
	Osieczów	15,5	39	4
	Puszcza Borecka	12,7	32	4
	Zielonka	13,3	33	0

Omówienie zmian stężenia pyłu zawieszonego PM10 oraz oznaczanych w nim zanieczyszczeń przedstawiono, wraz z trendami i tendencjami stężeń w analizowanym wieloleciu, w kolejnych podrozdziałach.

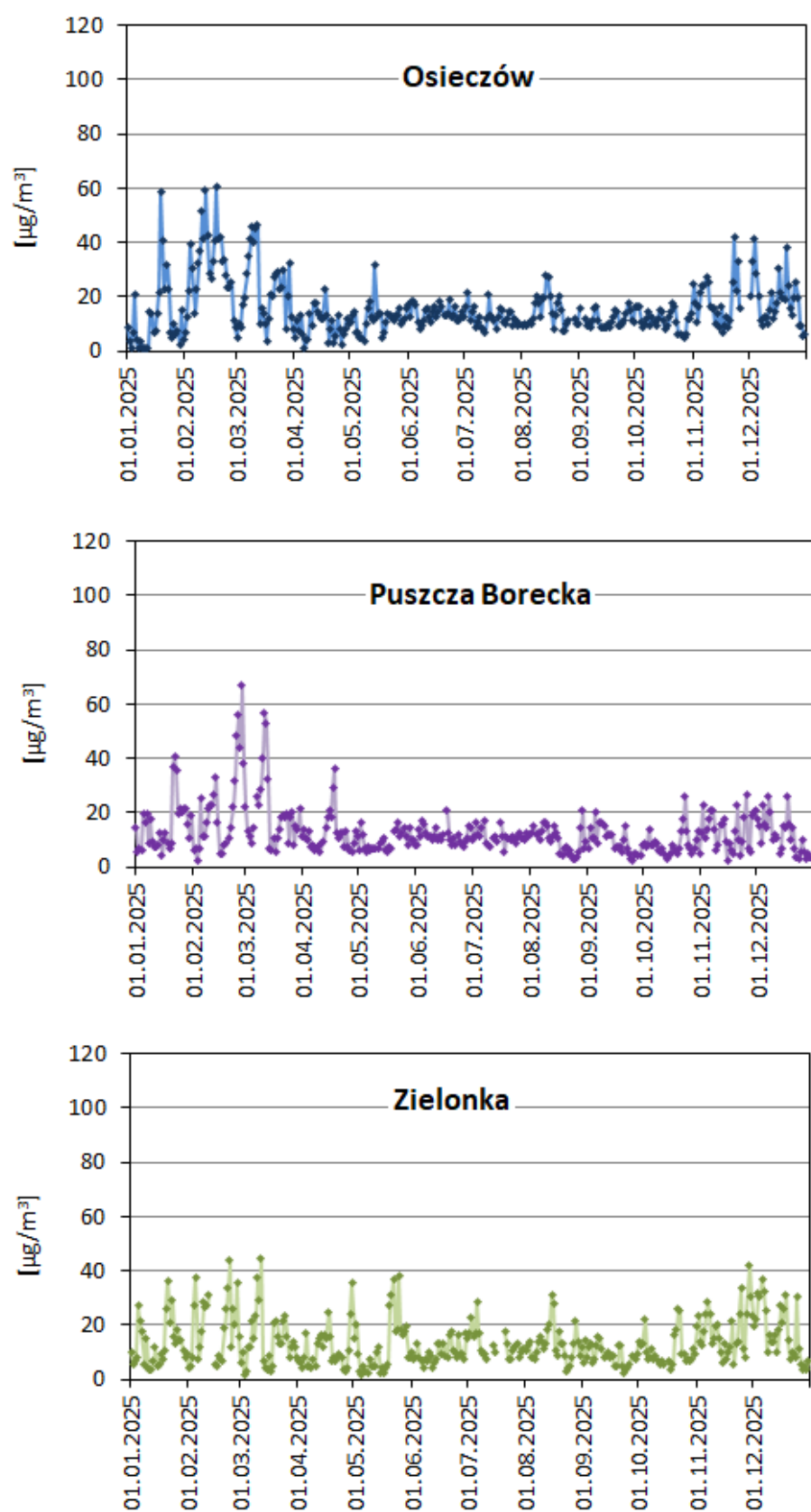
Przebiegi dobowych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejskiej) pokazano na Rys. 6.1.1.a i 6.1.1.b. Charakterystyczny przebieg, w którym w chłodnej połowie roku są notowane wyższe wartości niż w ciepłej, widoczny jest na wszystkich stacjach tła regionalnego, a szczególnie na stacji w Godowie.

Obserwowane na stacji podmiejskiej w Godowie przekroczenia poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM₁₀ dla wartości dobowych z każdym rokiem były mniejsze i rzadziej występowały, ale zwykle miały miejsce w większej niż dopuszczalna (35) liczbie dni. Dopiero w latach 2023 i 2024 liczba dni z przekroczeniami poziomu dopuszczalnego była mniejsza niż dopuszczalna i wyniosła odpowiednio 23 i 26. W roku 2025 liczba dni z przekroczeniami zrównała się z dopuszczalną (35). W latach 2010 i 2011 na stacji Osieczów odnotowano większą niż dopuszczalna liczbę dni z przekroczeniami dobowego poziomu dopuszczalnego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀, co się nie powtórzyło w kolejnych latach. Taka sytuacja nie miała miejsca nigdy na stacjach w Zielonce i Puszczy Boreckiej. W 2025 roku wartości 36 maksimum stężenia średniego 24-godzinnego wyniosły od 21,4 µg/m³ w Puszczy Boreckiej, przez 26,0 µg/m³ w Zielonce i 28,7 µg/m³ w Osieczowie do 48,7 µg/m³ w Godowie.

Przebieg dobowych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ był typowy - na wszystkich stacjach zaznaczyły się wyższe stężenia w chłodnej połowie roku 2025. Na stacjach tła regionalnego w pierwszej części sezonu grzewczego, w okresie styczeń – marzec, stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ były wyższe o kilka procent od notowanych w drugiej części sezonu grzewczego – w czwartym kwartale. Na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie było odwrotnie. Na wszystkich stacjach zaznaczyły się epizody podwyższonych stężeń w lutym i marcu, a w Godowie dodatkowo w styczniu i grudniu.

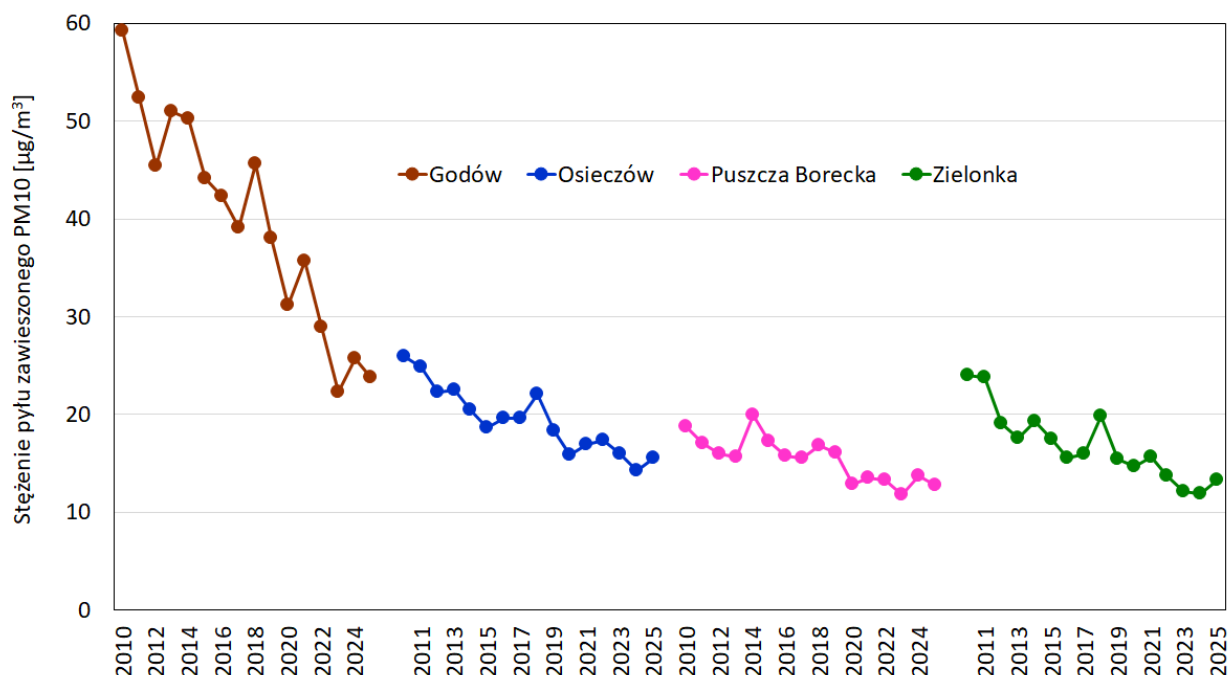


Rys. 6.1.1.a Przebieg średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ na stacji Godów w 2025 roku (źródło danych: PMS)



Rys. 6.1.1.b Przebieg średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

W roku 2025 zanotowano spadek wartości średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM10 w stosunku do roku poprzedniego na dwóch stacjach: Puszcza Borecka i Godów, a wzrost na stacjach Osieczów i Zielonka (Rys. 6.1.2). Najwyższe stężenia we wszystkich latach, znacznie wyższe niż na stacjach tła regionalnego, obserwowano na stacji podmiejskiej w Godowie. Najniższą wartość średnią roczną stężenia pyłu zawieszonego PM10 odnotowano w roku 2025 na stacji Puszcza Borecka, jak we wcześniejszych latach – na ogół miało to miejsce na stacji Puszcza Borecka, a czasami na stacji Zielonka.



Rys. 6.1.2. Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń Godów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

Maksymalne i minimalne wartości średniego dobowego stężenia pyłu zawieszonego PM10 w roku 2025 zestawiono w tabeli 6.1.3. Najwyższe stężenia dobowe zaobserwowano na stacji podmiejskiej w Godowie. Maksymalne stężenia wystąpiły na stacjach tła regionalnego w lutym i marcu, a w Godowie w lutym.

Tab. 6.1.3. Ekstremalne stężenia średnie dobowe pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

Pył zawieszony PM10	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
$S_{24_{max}}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	110,2	60,5	66,8	44,6
Data $S_{24_{max}}$	20.02.2025	18.02.2025	27.02.2025	12.03.2025
$S_{24_{min}}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2,9	1,0	2,2	1,7
$S_{24_{max}} - S_{24_{min}}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	107,3	59,5	64,6	42,9

Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

6.1.1. Metale ciężkie w pyłe zawieszonym PM10

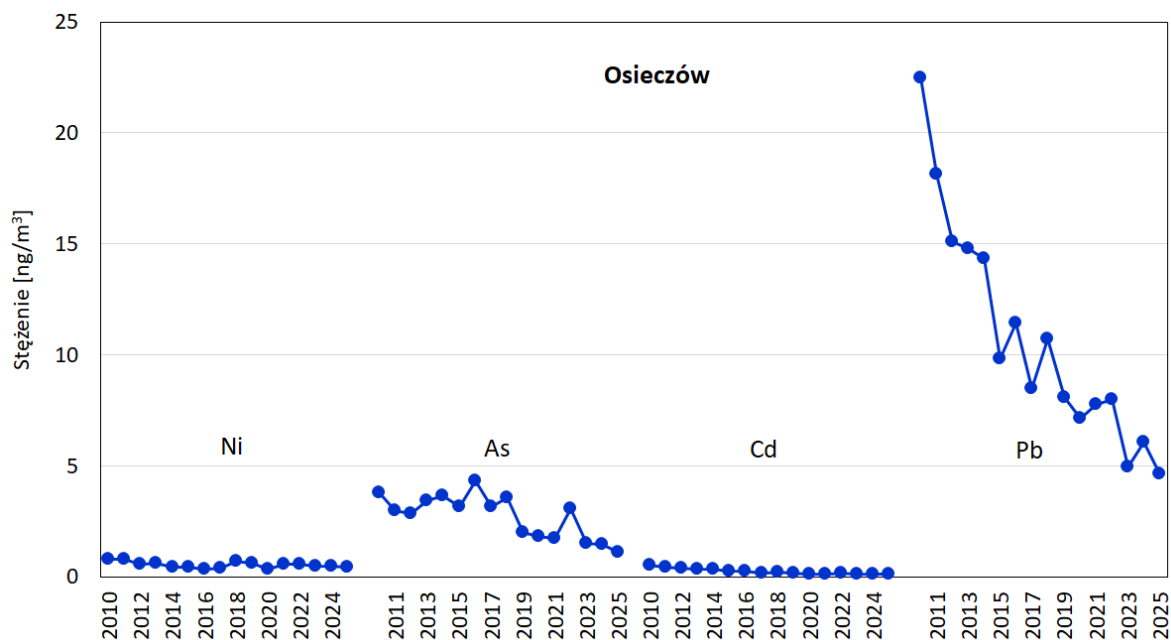
Wartości średnie roczne stężenia metali ciężkich zawartych w pyłe zawieszonym PM10 w latach 2010-20254 zamieszczono w tabeli 6.1.4. W analizowanym okresie na żadnej stacji nie zanotowano przekroczeń wartości normowanych ustanowionych dla metali ciężkich ze względu na ochronę zdrowia (poziomu dopuszczalnego dla Pb i poziomów docelowych dla As, Cd i Ni). Stężenia średnie roczne wyniosły na ogół kilka procent poziomu docelowego/dopuszczalnego. Jedynie w Osieczowie stężenie arsenu osiągnęło kilkanaście procent poziomu docelowego (18%, co było porównywalną wartością do notowanych we wcześniejszych latach, poza 2022, gdy wyniosło aż 52% poziomu docelowego); w Godowie stężenie arsenu osiągnęło w 2025 roku 12% poziomu docelowego, kadmu i niklu po 6%. Dla wszystkich metali ciężkich, za wyjątkiem arsenu, najwyższe wartości średnie roczne odnotowano w roku 2025 na stacji w Godowie. Jest to sytuacja podobna do obserwowanej we wcześniejszych latach, która została zachwiana w latach 2017-2019, gdy najwyższe wartości stężeń większości metali ciężkich notowano na stacji w Osieczowie. Najniższe stężenia metali ciężkich występowały na ogół w Zielonce i w Puszczy Boreckiej. Prawidłowości te znajdują odzwierciedlenie w wartościach średnich dla wielolecia 2010-2024 – najwyższe stężenie arsenu w Osieczowie, a niklu, kadmu i ołowiu w Godowie, zaś najniższe w Puszczy Boreckiej (Tab. 6.1.4).

Tab. 6.1.4. Stężenia średnie roczne metali ciężkich w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)
Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

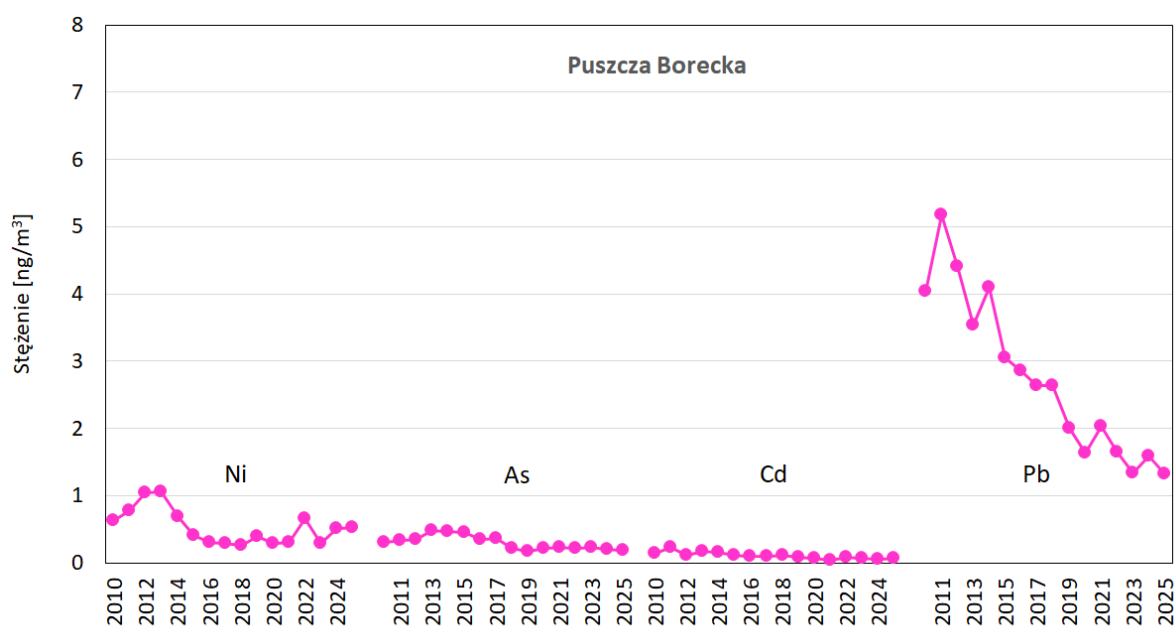
Rok	Stacja	Metale ciężkie w pyłe zawieszonym PM10			
		[ng/m ³]			
		Ni	As	Cd	Pb
2010	Godów	1,99	2,05	0,61	17,84
	Osieczów	0,82	3,79	0,54	22,49
	Puszcza Borecka	0,62	0,31	0,14	4,03
	Zielonka	0,77	0,70	0,20	6,90
2011	Godów	1,13	1,34	0,64	44,42
	Osieczów	0,79	2,99	0,46	18,15
	Puszcza Borecka	0,77	0,33	0,23	5,17
	Zielonka	0,77	0,64	0,19	6,62
2012	Godów	1,74	1,98	0,81	34,08
	Osieczów	0,57	2,86	0,39	15,08
	Puszcza Borecka	1,03	0,34	0,11	4,41
	Zielonka	0,62	0,67	0,17	6,23
2013	Godów	4,61	2,21	1,97	51,17
	Osieczów	0,64	3,43	0,36	14,79
	Puszcza Borecka	1,05	0,48	0,17	3,54
	Zielonka	0,60	0,60	0,15	4,82
2014	Godów	1,52	1,96	0,67	24,32
	Osieczów	0,46	3,64	0,35	14,34
	Puszcza Borecka	0,69	0,47	0,15	4,10
	Zielonka	0,56	0,81	0,19	5,56
2015	Godów	1,21	2,30	0,62	21,66
	Osieczów	0,43	3,19	0,28	9,81
	Puszcza Borecka	0,40	0,45	0,11	3,05

Rok	Stacja	Metale ciężkie w pyłe zawieszonym PM10			
		[ng/m ³]			
		Ni	As	Cd	Pb
	Zielonka	0,49	0,58	0,12	4,02
2016	Godów	0,61	1,72	0,39	14,67
	Osieczów	0,35	4,33	0,26	11,42
	Puszcza Borecka	0,31	0,35	0,09	2,85
	Zielonka	0,49	0,53	0,12	3,77
2017	Godów	0,52	0,75	0,15	4,62
	Osieczów	0,39	3,16	0,18	8,50
	Puszcza Borecka	0,29	0,36	0,09	2,63
	Zielonka	0,75	0,62	0,12	4,24
2018	Godów	0,53	0,57	0,10	2,43
	Osieczów	0,69	3,56	0,20	10,71
	Puszcza Borecka	0,25	0,22	0,10	2,64
	Zielonka	0,52	0,52	0,15	4,06
2019	Godów	0,70	0,53	0,14	3,09
	Osieczów	0,63	1,99	0,19	8,08
	Puszcza Borecka	0,40	0,17	0,08	2,00
	Zielonka	0,47	0,36	0,09	2,15
2020	Godów	2,19	0,55	0,40	9,24
	Osieczów	0,37	1,85	0,15	7,13
	Puszcza Borecka	0,29	0,21	0,06	1,64
	Zielonka	0,34	0,43	0,10	2,72
2021	Godów	1,15	0,88	0,31	8,62
	Osieczów	0,57	1,73	0,15	7,78
	Puszcza Borecka	0,31	0,23	0,04	2,04
	Zielonka	0,66	0,37	0,12	3,00
2022	Godów	2,37	1,12	0,33	11,21
	Osieczów	0,59	3,10	0,17	7,98
	Puszcza Borecka	0,66	0,22	0,09	1,64
	Zielonka	0,12	0,16	0,03	1,08
2023	Godów	3,26	0,77	0,26	11,60
	Osieczów	0,50	1,53	0,12	4,94
	Puszcza Borecka	0,29	0,23	0,06	1,34
	Zielonka	0,23	0,23	0,04	1,26
2024	Godów	0,77	0,68	0,57	11,29
	Osieczów	0,50	1,47	0,14	6,05
	Puszcza Borecka	0,50	0,21	0,06	1,58
	Zielonka	0,28	0,23	0,05	1,37
2025	Godów	1,30	0,72	0,32	14,03
	Osieczów	0,44	1,09	0,14	4,63
	Puszcza Borecka	0,52	0,18	0,06	1,32
	Zielonka	0,40	0,24	0,05	1,34
średnia 2010- 2024	Godów	1,62	1,30	0,53	18,02
	Osieczów	0,55	2,84	0,26	11,15
	Puszcza Borecka	0,52	0,30	0,11	2,84
	Zielonka	0,51	0,50	0,12	3,85

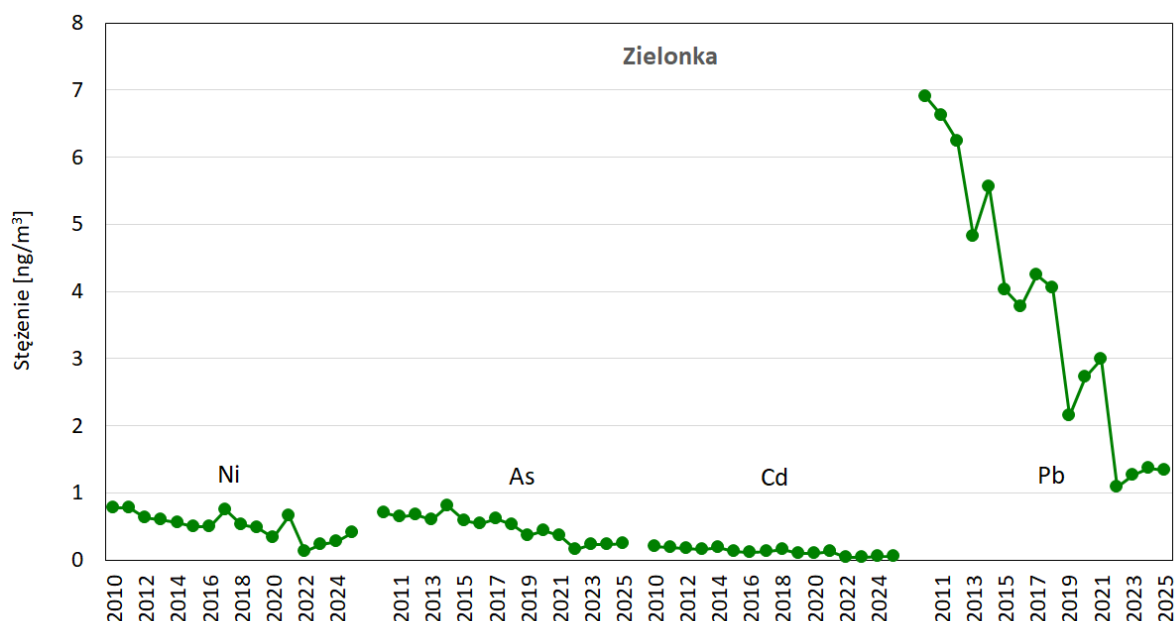
Przebiegi średnich rocznych wartości stężeń metali ciężkich w okresie 2010-2025 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie wykazują podobne tendencje zmian, jednak zaznaczają się różnice pomiędzy stacjami (Rys. 6.1.3a - 6.1.3d).



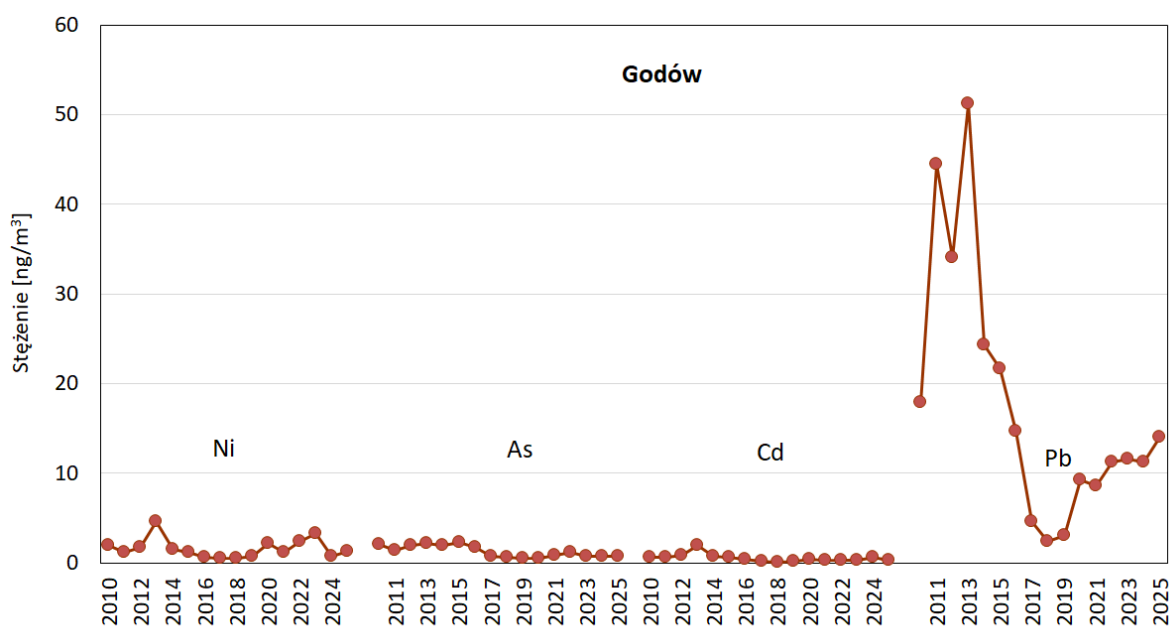
Rys. 6.1.3a. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacji tła regionalnego Osieczów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.1.3b. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacji tła regionalnego Puszcza Borecka w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.1.3c. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacji tła regionalnego Zielonka w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.1.3d. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacji monitoringu transgranicznego Godów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

W tabeli 6.1.5 przedstawiono wyniki obliczeń względnych zmian stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2025 w stosunku do wartości z roku 2024. W przypadku średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀, na dwóch stacjach wystąpił spadek, a na dwóch wzrost. Jednak zmiany stężeń metali ciężkich nie we wszystkich przypadkach korespondowały ze zmianami stężeń pyłu zawieszonego. Dla niklu wyższe wartości niż rok wcześniej wystąpiły w Puszczy Boreckiej, Zielonce i Godowie, a wzrosty sięgnęły odpowiednio ok. 3%, 44 i 68%; niższą wartość odnotowano w Osieczowie – o blisko

12%. Stężenie arsenu spadło w Osieczowie i Puszczy Boreckiej, a zmiany względne wyniosły odpowiednio ok. -26 i -13%; w Zielonce i w Godowie wzrost wyniósł po niemal 6%. Stężenie kadmu spadło o ponad 44% w Godowie i o nieco ponad 1% w Osieczowie a wzrosło o blisko 6% w Puszczy Boreckiej i o ponad 10% w Zielonce. Stężenie ołowiu w pyłe zawieszonym PM10 było wyższe niż rok wcześniej w Godowie o 24%, a niższe w Osieczowie o 23%, w Puszczy Boreckiej o ponad 15%, a w Zielonce o ponad 3%. Niemal na każdej z opisywanych stacji stwierdzono zarówno spadki, jak i wzrosty stężeń poszczególnych metali ciężkich.

Tab. 6.1.5. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2025 względem roku 2024 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Pył zawieszony PM10	Ni	As	Cd	Pb
	[%]				
Godów	-7,6	67,8	5,8	-44,2	24,3
Osieczów	8,6	-11,9	-25,7	-1,4	-23,5
Puszcza Borecka	-6,9	3,5	-13,1	5,7	-15,4
Zielonka	11,5	44,5	5,8	10,5	-3,5

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

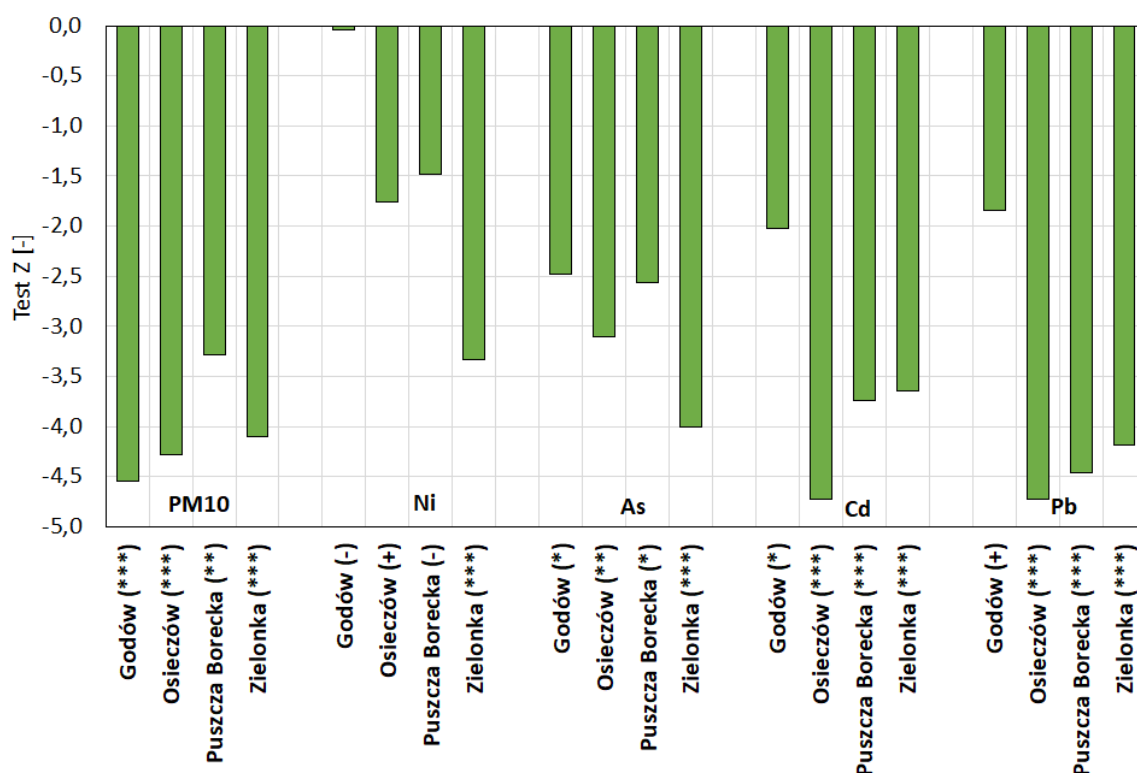
Podobną analizę zmian stężeń notowanych w roku 2025 przedstawiono w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2024 (Tab. 6.1.6). We wszystkich przypadkach odnotowano spadki stężeń badanych metali ciężkich w 2025 roku w stosunku do wartości średnich z wielolecia i zmiany te były często bardziej znaczące niż zmiany stężeń pyłu zawieszonego PM10, osiągając na ogół po kilkadziesiąt procent. Spadki stężeń niklu na stacjach tła regionalnego wyniosły od blisko 1% w Puszczy Boreckiej, do ok. 20% na pozostałych stacjach. Dla arsenu spadki wyniosły od ponad 41% w Puszczy Boreckiej, przez 45-51% w Godowie i Zielonce, po ok. 62% w Osieczowie. Dla kadmu spadki osiągnęły od 40-42% w Godowie i w Puszczy Boreckiej przez 47% w Osieczowie do 57% w Zielonce. W przypadku ołowiu stężenie było niższe od średniego w wieloleciu o 22% w Godowie, o 53% w Puszczy Boreckiej, 59% w Osieczowie i o blisko 66% w Zielonce. Spadki stężeń wszystkich metali ciężkich były największe na stacji w Zielonce.

Tab. 6.1.6. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2025 względem wartości średnich z lat 2010-2024 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Pył zawieszony PM10	Ni	As	Cd	Pb
	[%]				
Godów	-41,6	-19,9	-44,5	-40,2	-22,2
Osieczów	-21,1	-20,6	-61,6	-47,0	-58,5
Puszcza Borecka	-18,4	-0,6	-41,2	-41,6	-52,9
Zielonka	-22,1	-21,8	-51,4	-57,1	-65,8

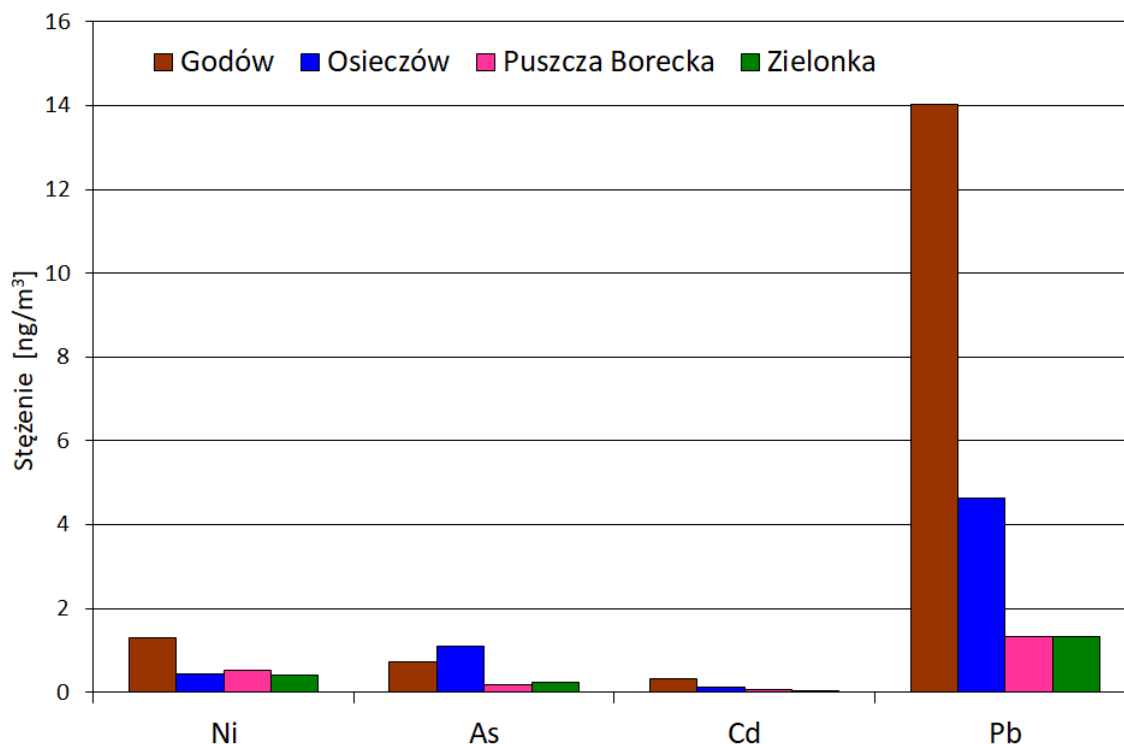
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Dane uzyskane w latach 2010-2025 poddano analizie statystycznej w celu wykrycia trendów. Na wszystkich stacjach odnotowano trend malejący stężenia pyłu zawieszonego PM10 (o czym świadczy ujemna wartość Z), był to trend istotny statystycznie, przy czym na stacjach Godów, Osieczów i Zielonka istotność była większa (***) niż w Puszczy Boreckiej (**). W przypadku niklu odnotowano trend malejący w Zielonce, a także w Osieczowie (stabilizacja) oraz brak trendu w Godowie i Puszczy Boreckiej, dla których wystąpiła tendencja malejąca. Dla arsenu trend o różnym stopniu istotności stwierdzono na wszystkich stacjach, najbardziej istotny statystycznie w Zielonce. Istotny statystycznie trend (o największej istotności) odzwierciedlał zmiany stężeń kadmu w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka, a mniej istotny w Godowie. Na wszystkich stacjach odnotowano spadkowy trend stężenia ołowiu, przy czym na stacjach tła regionalnego był on najbardziej istotny (***), a w Godowie najmniej istotny (+) (Rys. 6.1.4).



Rys. 6.1.4. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i zawartych w nim metali ciężkich na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie w latach 2010-2025 (źródło danych: PMS)

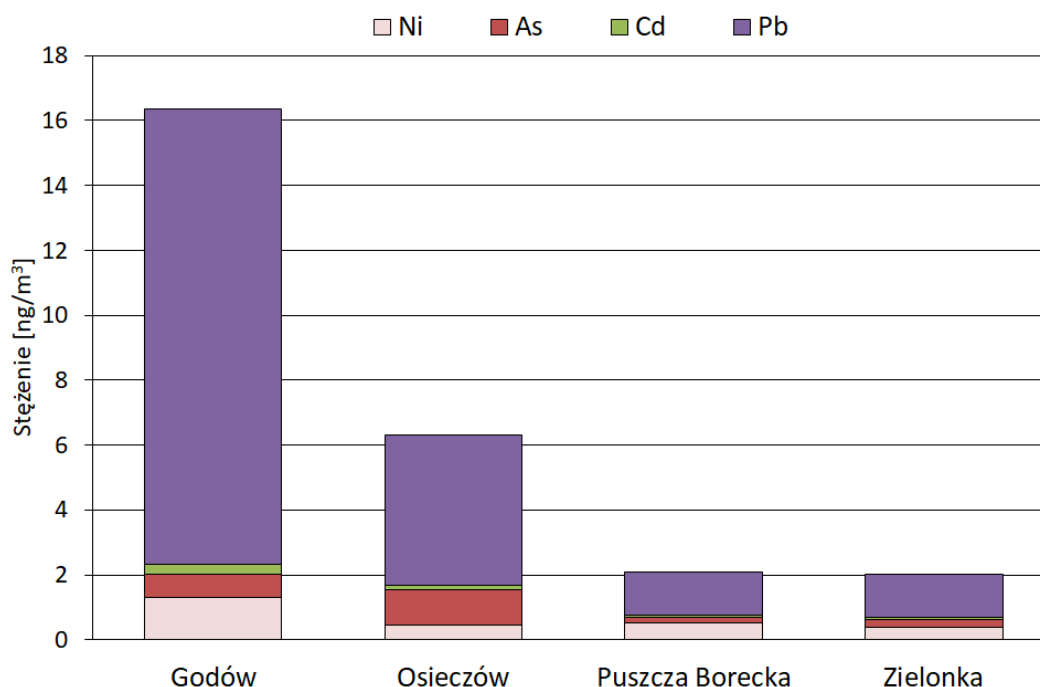
Wartości średnich stężeń metali ciężkich w roku 2025 na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejskiej) przedstawiono na rysunku 6.1.5.



Rys. 6.1.5. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

W 2025 roku, podobnie jak w latach poprzednich, spośród analizowanych czterech metali ciężkich, najwyższe stężenia zaobserwowano dla ołowiu. Szczególnie wysokie wartości odnotowano na stacji podmiejskiej w Godowie, gdzie przypadało maksimum stężeń tego metalu wśród omawianych stacji. W przypadku arsenu, najwyższe stężenie wystąpiło w Osieczowie, ale w Godowie było niewiele niższe, co potwierdza sytuację obserwowaną od lat. Najniższe wartości spośród analizowanych metali ciężkich oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 odnotowano na wszystkich czterech stacjach dla kadmu (najniższe w Zielonce). Najmniejsze różnicowanie średnich rocznych stężeń pomiędzy stacjami w okresie 2010-2025 obserwowano właśnie dla kadmu.

Na wszystkich stacjach spośród analizowanych metali ciężkich, najwyższy udział procentowy obserwuje się dla ołowiu, a najniższy dla kadmu (Rys. 6.1.6).



Rys. 6.1.6. Udział metali ciężkich zawartych w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

W 2025 roku na drugim miejscu (podobnie, jak we wcześniejszych latach) na większości stacji wystąpił nikiel, a na trzecim arsen, natomiast w Osieczowie było odwrotnie – na drugim miejscu arsen, a na trzecim nikiel (Tab. 6.1.7).

Tab. 6.1.7. Kolejność występowania metali ciężkich w pyłe zawieszonym PM10 ze względu na stężenie średnie roczne w 2025 (źródło danych: PMŚ)

Godów	Pb	Ni	As	Cd
Osieczów	Pb	As	Ni	Cd
Puszcza Borecka	Pb	Ni	As	Cd
Zielonka	Pb	Ni	As	Cd

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

6.1.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe zawieszonym PM10

Wartości stężeń średnich rocznych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zawartych w pyłe zawieszonym PM10 w latach 2010-2025 przedstawiono w tabeli 6.1.8 (kolorem czerwonym oznaczono przekroczenia wartości docelowej benzo(a)pirenu). Zmiany stężeń rocznych na analizowanych stacjach w roku 2025 pokazano na rysunku 6.1.7.

W roku 2025 stężenie średnie roczne benzo(a)pirenu było wyższe od poziomu docelowego na stacji podmiejskiej w Godowie, gdzie osiągnęło wartość 8,7 ng/m³. Przekroczenia na tej stacji występowały we wszystkich latach od początku pomiarów. W latach 2010-2018 oraz 2021 przekroczenia notowano także stacji w Osieczowie. W pozostałych latach stężenia średnie roczne na tej stacji były niższe od 1,5 ng/m³, zatem nie odnotowano przekroczenia

wartości docelowej (biorąc pod uwagę zasadę, że przy ocenie, czy wystąpiło przekroczenie poziomu docelowego wyniki są zaokrąglane do całości). Na stacji Puszcza Borecka, która w wieloleciu należała do tych, gdzie obserwowano niskie wartości, średnie roczne stężenie w roku 2025 osiągnęło trzecią w kolejności wartość spośród notowanych na omawianych stacjach. Na stacji tej stężenie średnie w wieloleciu było najniższe. W ostatnim roku odnotowano najniższe średnie roczne stężenie na stacji w Zielonce; stanowiło ono 31% poziomu docelowego.

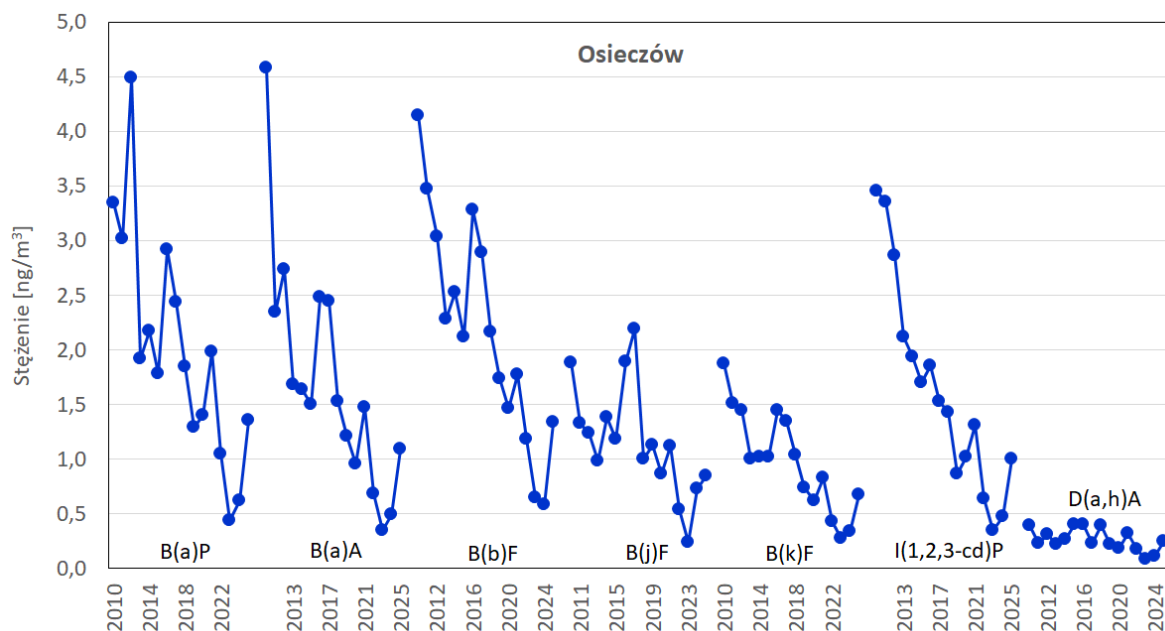
Tab. 6.1.8. Stężenia średnie roczne WWA na stacjach tła regionalnego oraz stacji Godów w latach 2010-2025. Kolorem czerwonym zaznaczono wartości przekraczające poziom docelowy dla B(a)P (źródło danych: PMS)

Rok	Stacja	WWA w pyłe zawieszonym PM10 [ng/m ³]						
		B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3 - cd)P	D(a,h)A
2010	Godów	14,00	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	3,34	4,58	4,14	1,88	1,87	3,45	0,39
	Puszcza Borecka	0,74	0,78	1,10	0,79	0,54	0,71	0,28
	Zielonka	0,85	1,05	1,00	0,71	0,67	0,75	0,07
2011	Godów	14,18	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	3,02	2,35	3,47	1,33	1,51	3,35	0,23
	Puszcza Borecka	0,71	0,58	1,03	0,66	0,43	0,80	0,11
	Zielonka	0,96	1,09	1,10	0,68	0,58	0,76	0,08
2012	Godów	10,54	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	4,49	2,73	3,04	1,24	1,45	2,86	0,31
	Puszcza Borecka	0,78	0,61	0,99	0,39	0,43	0,79	0,06
	Zielonka	0,67	0,84	0,79	0,64	0,45	0,55	0,06
2013	Godów	10,51	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,92	1,69	2,29	0,98	1,00	2,12	0,22
	Puszcza Borecka	0,63	0,51	0,86	0,34	0,34	0,61	0,05
	Zielonka	0,55	0,68	0,64	0,45	0,35	0,59	0,17
2014	Godów	9,63	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	2,17	1,64	2,53	1,38	1,02	1,93	0,27
	Puszcza Borecka	0,60	0,62	0,80	0,43	0,34	0,59	0,06
	Zielonka	0,81	0,81	0,77	0,44	0,43	0,78	0,26
2015	Godów	8,77	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,78	1,50	2,12	1,18	1,02	1,70	0,40
	Puszcza Borecka	0,46	0,35	0,72	0,41	0,31	0,47	0,05
	Zielonka	0,64	0,62	0,68	0,42	0,37	0,55	0,12
2016	Godów	7,88	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	2,92	2,48	3,28	1,89	1,45	1,86	0,41
	Puszcza Borecka	0,68	0,56	0,75	0,61	0,33	0,68	0,09
	Zielonka	0,82	0,85	0,91	0,51	0,49	0,74	0,06
2017	Godów	6,87	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	2,44	2,45	2,89	2,19	1,35	1,53	0,23
	Puszcza Borecka	0,58	0,57	0,78	0,52	0,33	0,63	0,07
	Zielonka	0,89	0,83	0,91	0,57	0,50	0,83	0,07
2018	Godów	9,26	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,85	1,53	2,16	1,00	1,04	1,43	0,39

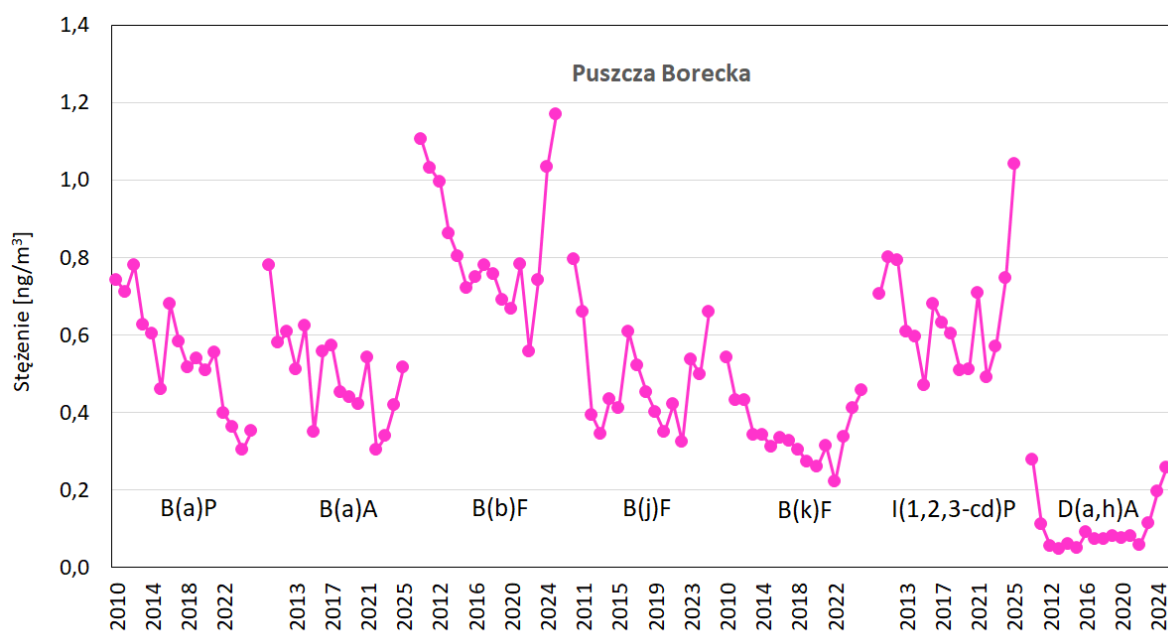
Rok	Stacja	WWA w pyłe zawieszonym PM10 [ng/m ³]						
		B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3 - cd)P	D(a,h)A
	Puszcza Borecka	0,52	0,45	0,76	0,45	0,30	0,60	0,07
	Zielonka	1,05	1,02	1,18	0,77	0,60	1,00	0,09
	Godów	8,31	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,29	1,21	1,74	1,13	0,74	0,87	0,22
2019	Puszcza Borecka	0,54	0,44	0,69	0,40	0,27	0,51	0,08
	Zielonka	0,55	0,52	0,63	0,39	0,33	0,54	0,03
	Godów	7,78	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,41	0,95	1,47	0,87	0,62	1,02	0,19
2020	Puszcza Borecka	0,51	0,42	0,67	0,35	0,26	0,51	0,07
	Zielonka	0,66	0,55	0,69	0,46	0,35	0,54	0,04
	Godów	8,91	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,98	1,48	1,78	1,12	0,83	1,31	0,32
2021	Puszcza Borecka	0,55	0,54	0,78	0,42	0,31	0,71	0,08
	Zielonka	0,88	0,91	1,04	0,58	0,53	0,72	0,06
	Godów	6,10						
	Osieczów	1,05	0,68	1,18	0,54	0,43	0,63	0,18
2022	Puszcza Borecka	0,40	0,30	0,56	0,32	0,22	0,49	0,06
	Zielonka	0,47	0,32	0,61	0,23	0,31	0,70	0,24
	Godów	4,16						
	Osieczów	0,44	0,35	0,65	0,24	0,28	0,35	0,09
2023	Puszcza Borecka	0,36	0,34	0,74	0,54	0,34	0,57	0,11
	Zielonka	0,31	0,23	0,47	0,22	0,35	0,60	0,21
	Godów	3,48						
	Osieczów	0,62	0,50	0,59	0,73	0,34	0,48	0,12
2024	Puszcza Borecka	0,30	0,42	1,03	0,50	0,41	0,75	0,19
	Zielonka	0,24	0,37	0,41	0,28	0,19	0,55	0,06
	Godów	3,55						
	Osieczów	1,35	1,09	1,34	0,85	0,68	1,01	0,25
2025	Puszcza Borecka	0,35	0,52	1,17	0,66	0,46	1,04	0,26
	Zielonka	0,31	0,49	0,51	0,40	0,24	0,67	0,12
	Godów	8,69						
	Osieczów	2,05	1,74	2,22	1,18	1,00	1,66	0,27
średnia 2010- 2024	Puszcza Borecka	0,56	0,50	0,82	0,48	0,34	0,63	0,10
	Zielonka	0,69	0,71	0,79	0,49	0,43	0,68	0,11

Średnie roczne stężenia analizowanych WWA na stacji Osieczów w okresie 2010-2025 wykazują na ogół spadki z roku na rok, z wyraźnym zachwianiem w 2016 i 2021 roku, a dla niektórych związków także w 2024 roku i dla wszystkich w 2025 roku (Rys. 6.1.7a). Na stacji Puszcza Borecka dla wszystkich WWA, poza B(a)P, odnotowano wyraźne wzrosty od roku 2023, co może mieć związek ze zmianą laboratorium wykonującego oznaczenia WWA w pyłe zawieszonym PM10 (Rys. 6.1.7b). Na stacji Zielonka przebieg średnich rocznych wartości stężeń poszczególnych WWA jest bardzo zmienny z roku na rok (Rys. 6.1.7c). W ostatnich trzech latach widać wyraźne spadki w stosunku do wartości z wcześniejszych lat dla większości WWA poza I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A. Również na tej stacji w przypadku B(a)P, B(b)F i B(k)F stężenia spadły w 2023 roku do wartości najmniejszych od 2010 roku, ale w 2024 roku

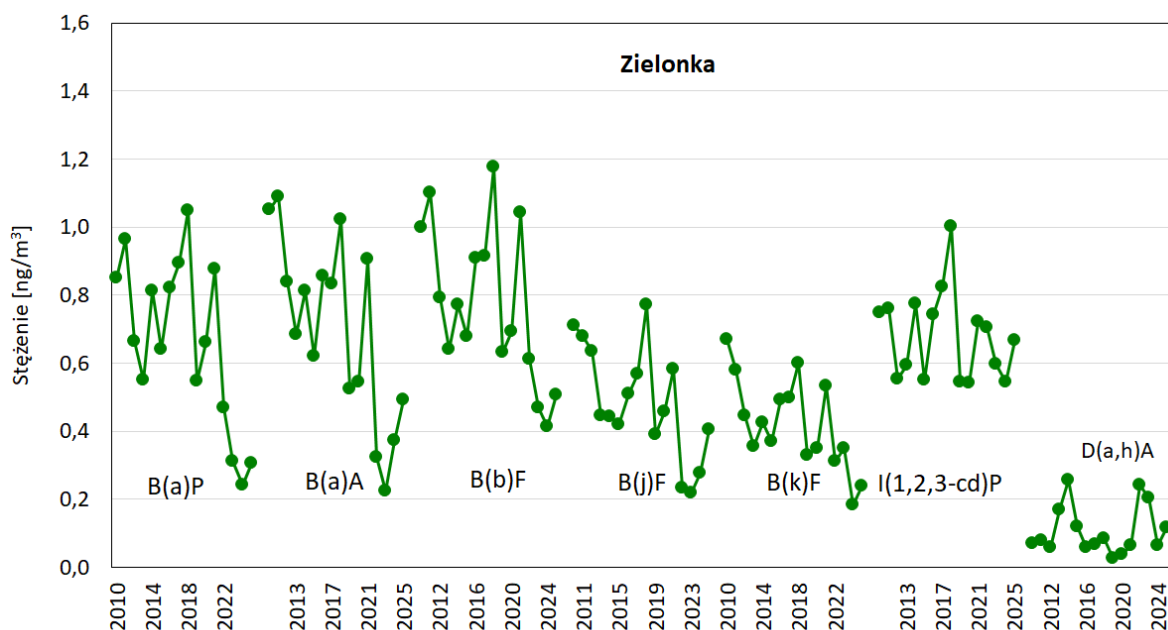
stężenia B(a)A i B(j)F wzrosły w stosunku do obserwowanych rok wcześniej. Wzrosty stężeń wszystkich badanych WWA były widoczne na tej stacji w 2025 roku.



Rys. 6.1.7a. Stężenia średnie roczne WWA na stacji tła regionalnego Osieczów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.1.7b. Stężenia średnie roczne WWA na stacji tła regionalnego Puszcza Borecka w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.1.7c. Stężenia średnie roczne WWA na stacji tła regionalnego Zielonka w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

Względne zmiany stężeń badanych WWA z roku na rok wskazują na wzrost stężeń większości związków na stacjach tła regionalnego poza I(1,2,3-cd)P w Puszczy Boreckiej (Tab. 6.1.9). Zmiany sięgały na ogół od kilku do kilkudziesięciu procent. Największe wzrosty – przekraczające 100% - dotyczyły I(1,2,3-cd)P, B(b)F, B(a)A, B(a)P i D(a,h)A w Osieczowie. Najmniejsze wzrosty – na poziomie kilkunastu procent - odnotowano dla B(k)F, B(b)F i B(a)P w Puszczy Boreckiej i I(1,2,3-cd)P w Zielonce. Jedyne spadki – dla I(1,2,3-cd)P w Puszczy Boreckiej – nie przekroczył 9%.

Tab. 6.1.9. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim WWA w 2025 roku względem roku 2024 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Pył zawieszony PM10	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3-cd)P	D(a,h)A
	[%]							
Godów	-7,6	2,0						
Osieczów	8,6	116,6	120,2	128,5	17,1	100,8	184,9	114,0
Puszcza Borecka	-6,9	16,0	23,8	13,0	32,8	10,7	-8,6	31,8
Zielonka	11,5	25,8	32,5	22,6	45,4	28,4	11,6	85,6

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

Widoczny jest wzrost stężeń badanych WWA na stacjach tła regionalnego, jak i benzo(a)pirenu mierzonego na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń – stacji w Godowie. Wzrost zaobserwowano w przypadku wszystkich WWA w pyłe zawieszonym PM10 – poza indeno(1,2,3-cd)pirenem – na stacji w Puszczy Boreckiej.

Podobną ocenę stężeń notowanych w roku 2025 przedstawiono w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2024 (Tab. 6.1.10). Względne zmiany stężeń wskazują na spadki stężeń badanych węglowodorów na stacjach tła regionalnego Osieczów i Zielonka. Również stężenie

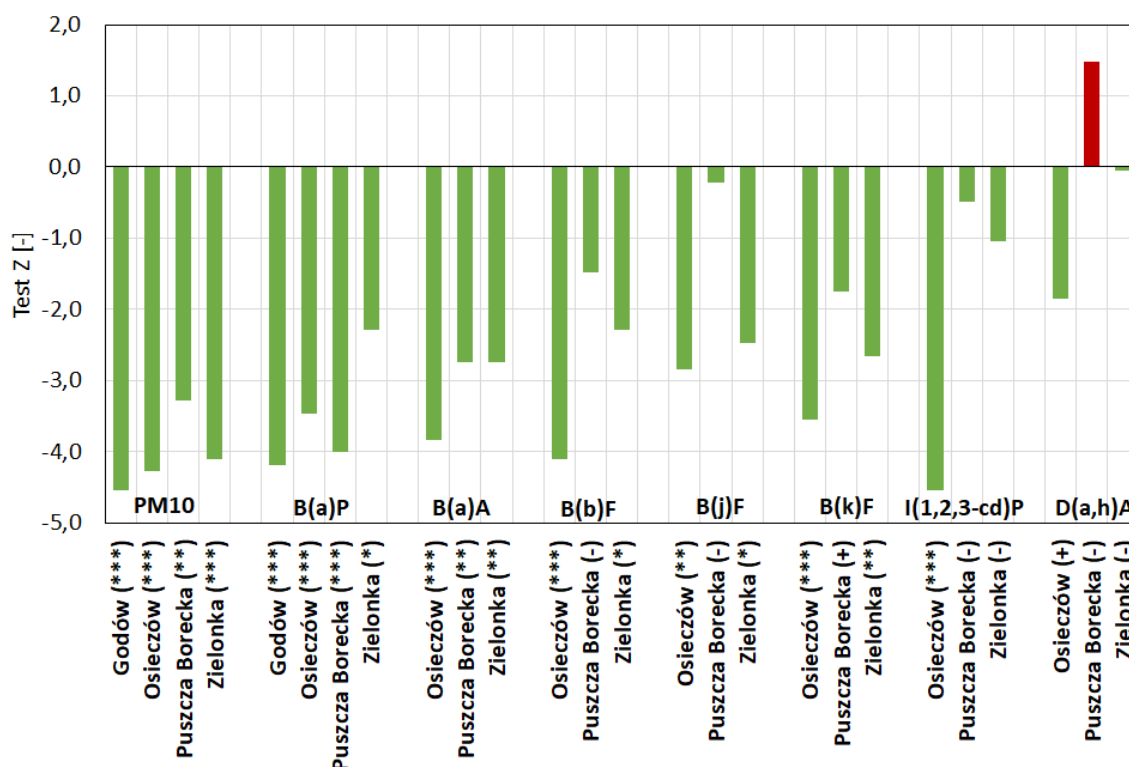
benzo(a)pirenu na stacji w Godowie było mniejsze niż wartość średnia w okresie 2010-2024 o 59% – a spadek stężenia B(a)P był bardziej znaczący od spadku stężenia pyłu zawieszonego PM10. Spadki stężeń poszczególnych WWA na stacjach tła regionalnego wynosiły po kilkadziesiąt procent i osiągnęły 7-40% w Osieczowie i 2-56% w Zielonce. Na stacji Puszcza Borecka odnotowano wzrost stężeń większości badanych WWA, poza B(a)P, którego stężenie średnie roczne było niższe od średniego w wieloleciu o 47% i 34%.

Tabela 6.1.10. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i oznaczanych w nim WWA w 2025 roku względem wartości średnich z lat 2010-2024 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Pył zawieszony PM10	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3-cd)P	D(a,h)A
	[%]							
Godów	-41,6	-59,1						
Osieczów	-21,1	-33,9	-37,3	-39,7	-27,7	-31,8	-39,4	-6,8
Puszcza Borecka	-18,4	-36,9	3,4	42,8	38,7	32,1	65,9	168,2
Zielonka	-22,1	-55,8	-30,9	-36,0	-17,5	-45,1	-2,1	10,7

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

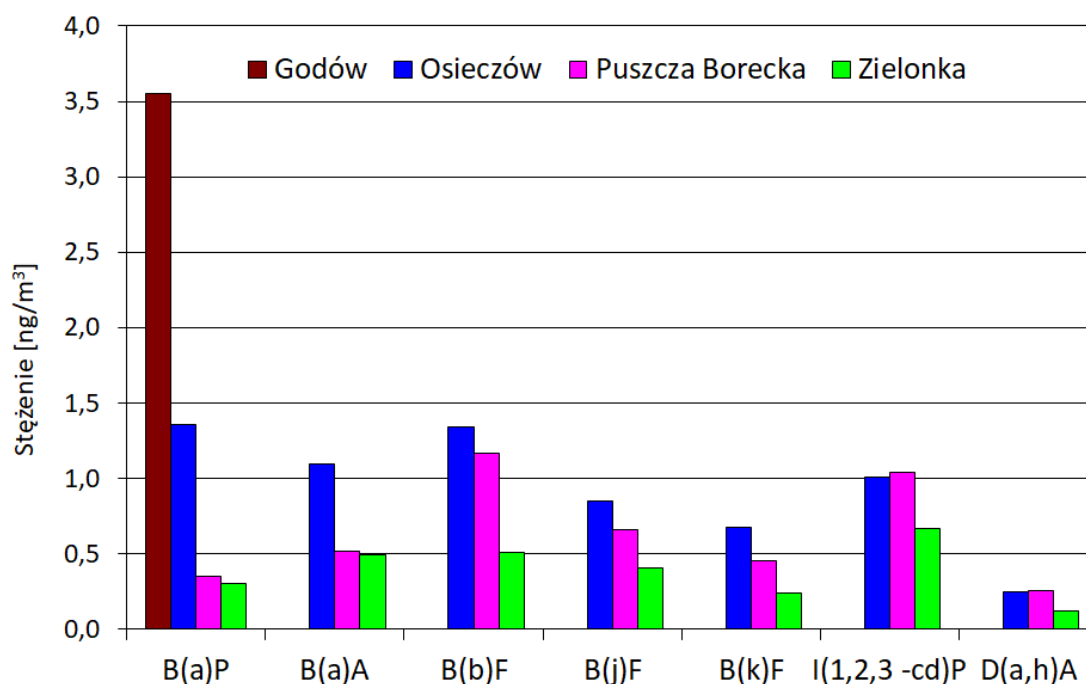
Analiza zmian stężeń w latach 2010-2025 wykazała istnienie trendów i tendencji spadkowych dla poszczególnych WWA (poza D(a,h)A na stacji Puszcza Borecka) oraz pyłu zawieszonego PM10 na wszystkich stacjach (Rys. 6.1.8). Największe i najbardziej znaczące dotyczyły I(1,2,3-cd)P, B(k)F, B(b)F, B(a)A i B(a)P w Osieczowie oraz B(a)P w Puszczy Boreckiej. Również dla stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie odnotowano istotny statystycznie trend malejący stężenia B(a)P. Na stacji w Zielonce zarysował się najmniej istotny statystycznie trend malejący dla większości badanych WWA, poza I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A, dla których stwierdzono tendencję malejącą.



Rys. 6.1.8. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i zawartych w nim WWA na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie (tylko B(a)P) w latach 2010-2025 (źródło danych: PMS)

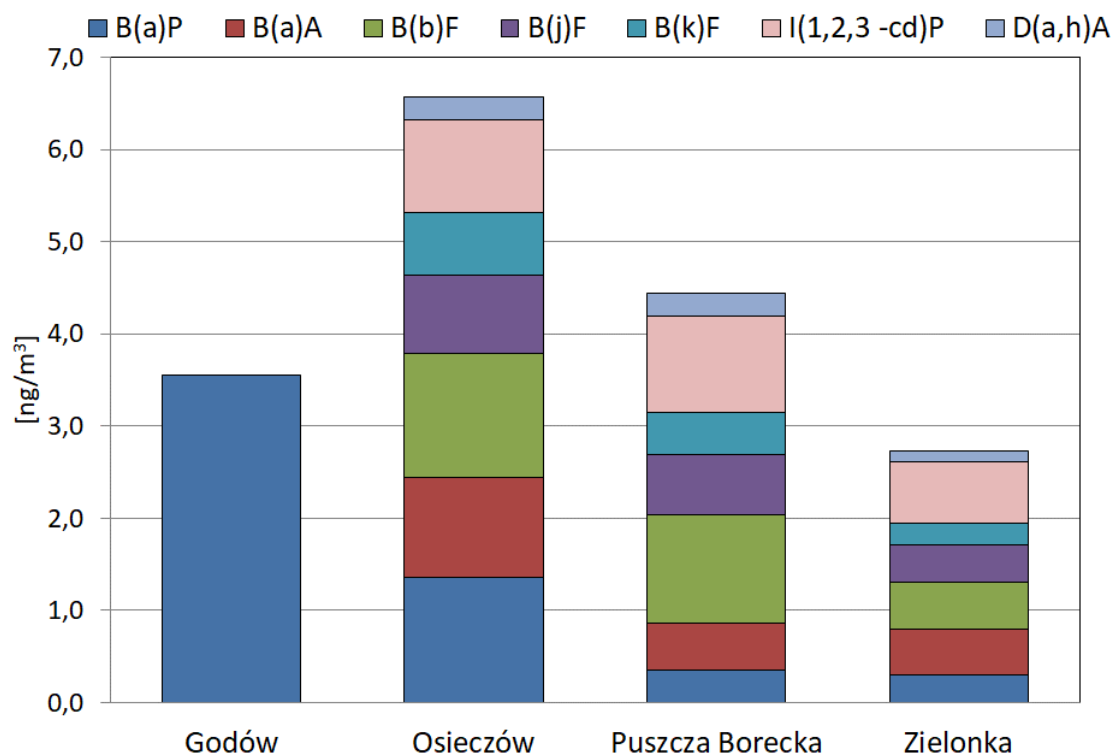
W roku 2025 średnie stężenia benzo(b)fluorantenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu na poszczególnych stacjach tła regionalnego osiągnęły najwyższe wartości, benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(k)fluorantenu były na nieco niższym, zbliżonym do siebie poziomie, zaś najniższe były stężenia dibenzo(a,h)antracenu. Stężenie benzo(a)pirenu na stacji Godów (stacja podmiejska) było znacząco wyższe niż na pozostałych stacjach, ale dysproporcja była mniejsza niż w początkowych latach pomiarów. Na stacjach tła regionalnego najwyższe stężenia większości badanych WWA odnotowano w Osieczowie, a w przypadku D(a,h)A i I(1,2,3-cd)P stężenia w Osieczowie i Puszczy Boreckiej były bardzo zbliżone do siebie, z niewielką przewagą wartości z Puszczy Boreckiej. Duże podobieństwo wyników B(a)P i B(a)A, widać dla stacji Puszcza Borecka i Zielonka, co potwierdza ich regionalny charakter.

W 2025 roku stężenia poszczególnych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych były najwyższe w Osieczowie, niższe w Puszczy Boreckiej a najniższe w Zielonce. Wcześniej dla wszystkich składników widać było prawidłowość, iż najwyższe wartości na stacjach tła regionalnego notowano w Osieczowie, niższe na ogół w Zielonce, a najniższe w Puszczy Boreckiej. Stężenie benzo(a)pirenu na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń Godów (na której nie wykonuje się pomiarów stężeń innych WWA) było najwyższe wśród analizowanych stacji.



Rys. 6.1.9. Stężenia średnie roczne WWA na stacjach tła oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w roku 2025 (źródło danych: PMŚ)

Sumę stężeń węglowodorów oznaczanych w pyle zawieszonym PM₁₀ w roku 2025 na omawianych stacjach przedstawiono na rysunku 6.1.10. Na stacji w Osieczowie przeważały B(a)P, B(b)F i B(a)FA, stanowiąc razem blisko 58% sumy oznaczanych WWA. W Puszczy Boreckiej największy udział w sumie WWA miał B(b)F, a na kolejnych miejscach uplasowały się I(1,2,3-cd)P i B(j)F, których udziały w sumie oznaczanych związków wyniosły razem ponad 64%. W Zielonce pierwsze trzy węglowodory: I(1,2,3-cd)P, B(b)F i B(a)A stanowiły razem 61% sumy WWA. Udział D(a,h)A był najmniejszy na wszystkich stacjach, stanowiąc ok. 4% Osieczowie i Zielonce oraz blisko 6% w Puszczy Boreckiej.



Rys. 6.1.10. Stężenie WWA zawartych w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach tła regionalnego i na stacji w Godowie (tylko B(a)P) w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

W tabeli 6.1.11 przedstawiono kolejność występowania stężeń WWA zawartych w pyłe zawieszonym PM10 w roku 2025 licząc od najwyższych do najniższych wartości stężeń. Uzyskane wyniki pokazują bardzo duże zróżnicowanie w kolejności występowania poszczególnych WWA na stacjach. Na stacjach Puszcza Borecka i Zielonka na dwóch pierwszych miejscach znajdują się B(b)F i I(1,2,3-cd)P, a w Osieczowie B(a)P i B(b)F, a na każdej ze stacji najmniej jest D(a,h)A.

Tab. 6.1.11. Kolejność występowania WWA w pyłe zawieszonym PM10 ze względu na stężenie średnie roczne w 2025 r. (źródło danych: PMŚ)

Godów	B(a)P						
Osieczów	B(a)P	B(b)F	B(a)A	I(1,2,3 -cd)P	B(j)F	B(k)F	D(a,h)A
Puszcza Borecka	B(b)F	I(1,2,3 -cd)P	B(j)F	B(a)A	B(k)F	B(a)P	D(a,h)A
Zielonka	I(1,2,3 -cd)P	B(b)F	B(a)A	B(j)F	B(a)P	B(k)F	D(a,h)A

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

6.2. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe zawieszonym PM_{2,5}

W niniejszym rozdziale przedstawiono ocenę w zakresie zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{2,5} oraz oznaczanymi w nim jonami i węglem (elementarnym i organicznym) w latach 2010-2025 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego zanieczyszczania powietrza w Godowie.

6.2.1. Pył zawieszony PM_{2,5}

Wartość poziomu docelowego i poziomu dopuszczalnego dla pyłu zawieszonego PM_{2,5}, dla kryterium ochrony zdrowia przedstawiono w tabeli 6.2.1. Wartość poziomu docelowego 25 µg/m³ obowiązywała od 1 stycznia 2010 r. zaś wartość poziomu dopuszczalnego osiągnięta miała być w dwóch fazach:

- w fazie 1 kończącej się 1 stycznia 2015 r. obowiązywał margines tolerancji (w 2014 roku zastosowany po raz ostatni),
- w fazie 2 kończącej się 1 stycznia 2020 r. powinna zostać osiągnięta wartość poziomu dopuszczalnego równa 20 µg/m³.

A zatem w roku 2025 stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} uzyskane na omawianych stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie odniesiono do poziomu dopuszczalnego równego 20 µg/m³. O poziomach dopuszczalnych, które już wygasły wspomniano ze względu na fakt, że w raporcie prezentowane są wyniki od 2010 roku i dane te były odnoszone do aktualnych wówczas poziomów dopuszczalnych powiększonych o margines tolerancji i poziomu docelowego.

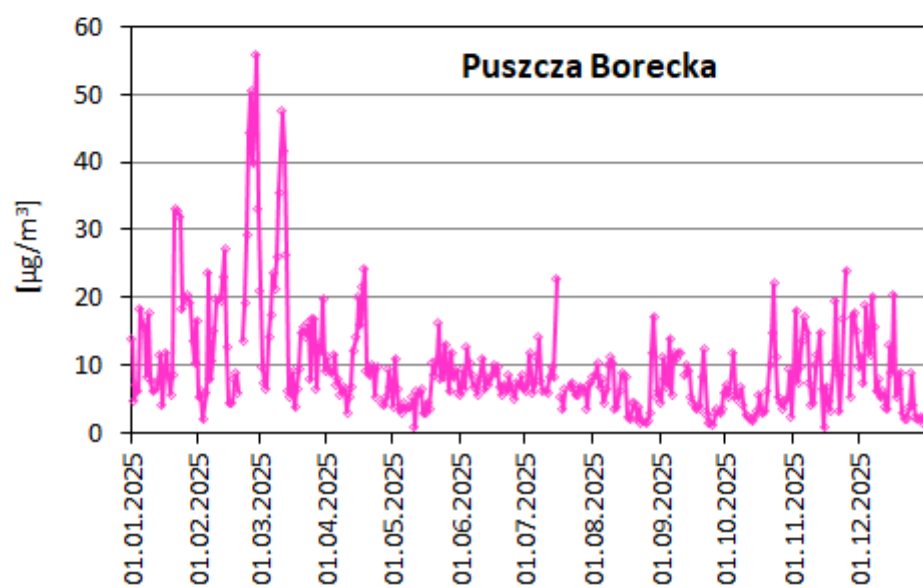
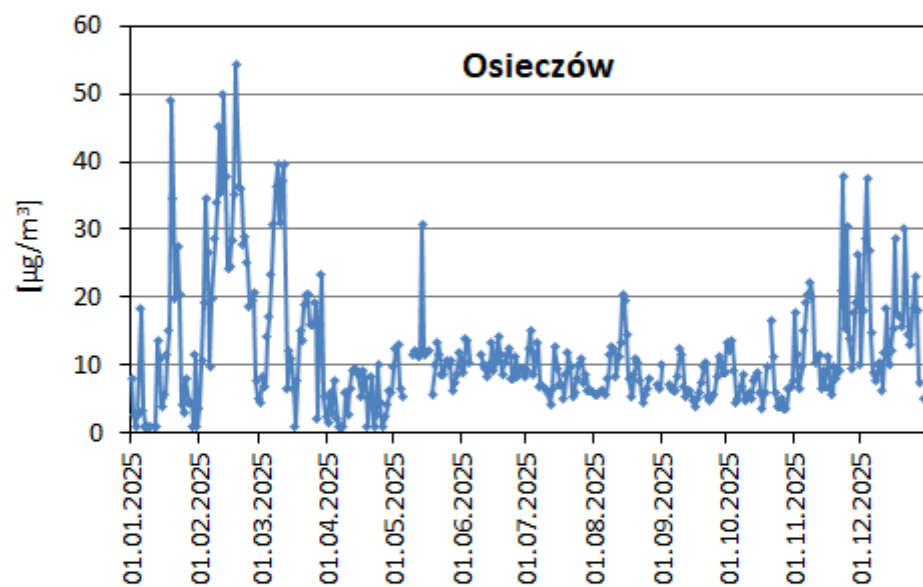
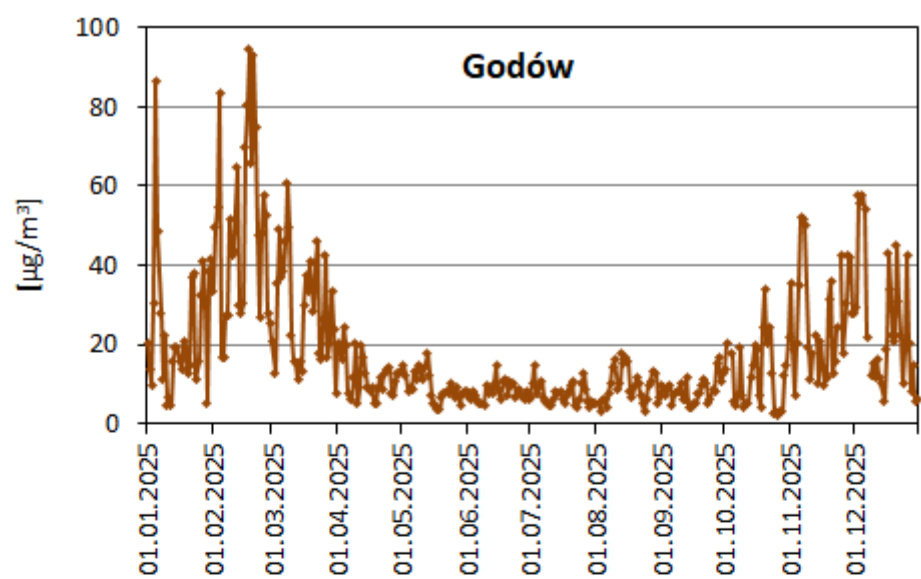
Tabela 6.2.1. Poziom docelowy i poziom dopuszczalny stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla kryterium ochrony zdrowia²⁰

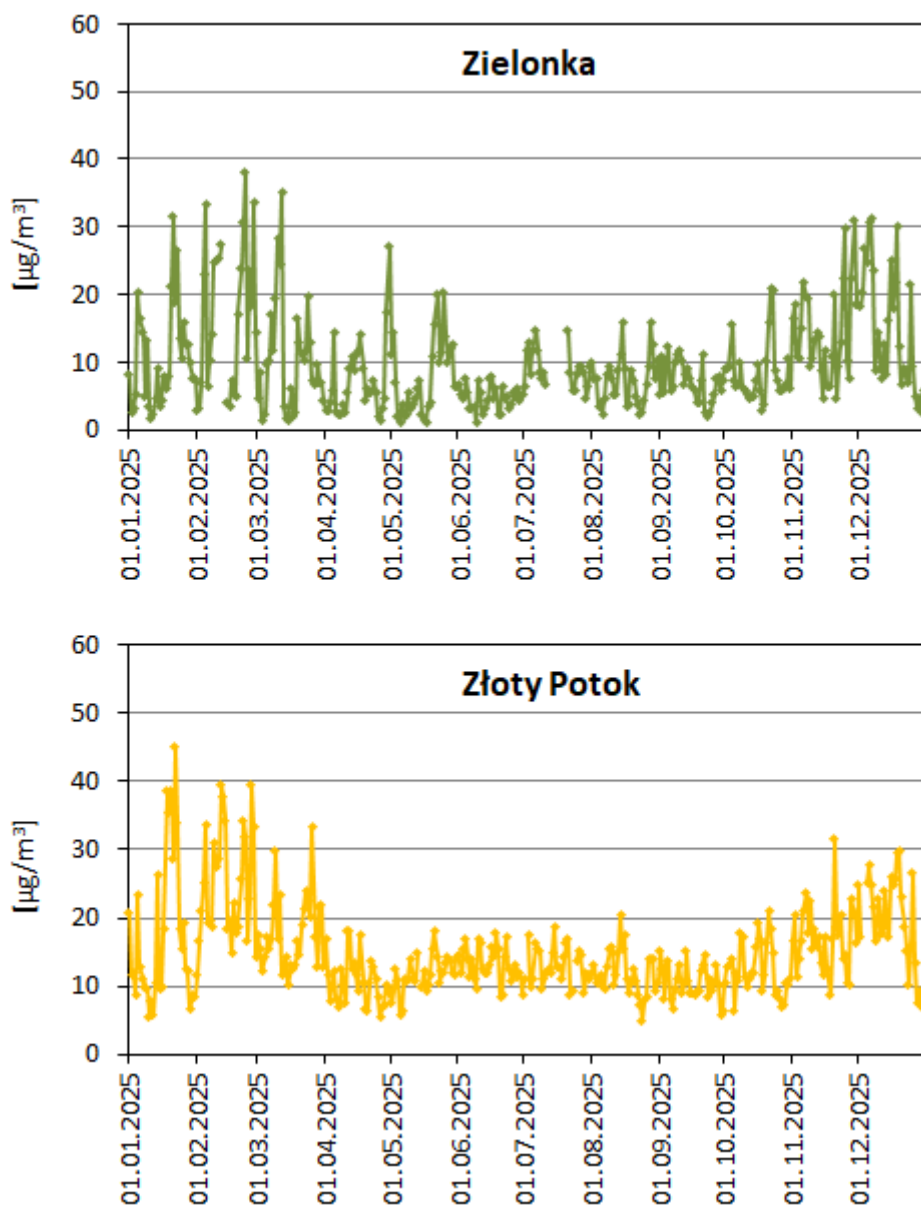
okres uśredniania wyników pomiarów	poziom dopuszczalny [µg/m³]	poziom dopuszczalny + margines tolerancji [µg/m³]						termin osiągnięcia poziomu dopuszczalnego
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	
FAZA 1								
rok kalendarzowy	25*)	29	28	27	26	26	25	1 stycznia 2015 r.
FAZA 2								
rok kalendarzowy	20	brak marginesu tolerancji						1 stycznia 2020 r.

^{*)} również poziom docelowy z terminem osiągnięcia w 2010 roku

Przebiegi dobowych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła w 2025 roku przedstawiono na rys. 6.2.1. Charakterystyczny przebieg, w którym w chłodnej połowie roku są notowane wyższe wartości niż w ciepłej, widoczny jest na wszystkich stacjach tła regionalnego oraz w Godowie. W 2025 roku na wszystkich stacjach, poza Zielonką, odnotowano wyższe wartości w I kwartale niż w IV kwartale, a na stacji w Zielonce średnie stężenia w I i IV kwartale były niemal jednakowe. Różnice względne pomiędzy kwartałami wyniosły od 18% w Złotym Potoku przez 27% w Osieczowie i 37% w Godowie do 51% w Puszczy Boreckiej.

²⁰ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2021, poz. 845)





Rys. 6.2.1. Przebieg średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w roku 2025 (źródło danych: PMŚ) [Dla Godowa inna skala]

W tabeli 6.2.2 przedstawiono stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie w latach 2010-2025.

Tab. 6.2.2. Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2025. Kolorem czerwonym zaznaczono przekroczenia poziomu dopuszczalnego /docelowego (źródło danych: PMŚ)

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM _{2,5}	Stężenie w stosunku do poziomu docelowego z roku 2010	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego w danym roku	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego z roku 2020
		µg/m ³	%	%	%
2010	Godów	49,1	196,4	171,9	245,5
	Osieczów	17,0	68,0	59,5	85,0
	Puszcza Borecka	15,2	60,9	53,3	76,2
	Zielonka	19,5	78,0	68,3	97,5
	Złoty Potok	21,9	87,4	76,5	109,3
2011	Godów	41,9	167,6	150,4	209,5
	Osieczów	20,4	81,5	73,1	101,9
	Puszcza Borecka	12,8	51,2	45,9	64,0
	Zielonka	16,1	64,3	57,7	80,4
	Złoty Potok	21,3	85,2	76,5	106,6
2012	Godów	39,9	159,6	147,8	199,5
	Osieczów	17,0	68,1	63,0	85,1
	Puszcza Borecka	13,8	55,3	51,2	69,1
	Zielonka	15,5	62,0	57,4	77,5
	Złoty Potok	17,9	71,6	66,3	89,5
2013	Godów	38,4	153,8	147,9	192,2
	Osieczów	17,6	70,4	67,7	88,0
	Puszcza Borecka	12,8	51,4	49,4	64,2
	Zielonka	14,5	57,9	55,7	72,4
	Złoty Potok	23,0	91,9	88,3	114,8
2014	Godów	40,0	159,9	153,8	199,9
	Osieczów	16,0	64,1	61,6	80,1
	Puszcza Borecka	13,8	55,4	53,3	69,2
	Zielonka	14,6	58,5	56,2	73,1
	Złoty Potok	21,3	85,3	82,0	106,6
2015	Godów	34,9	139,5	139,5	174,4
	Osieczów	14,6	58,3	58,3	72,9
	Puszcza Borecka	12,5	49,9	49,9	62,4
	Zielonka	-	-	-	-
	Złoty Potok	18,6	74,6	74,6	93,2
2016	Godów	32,6	130,3	130,3	162,9
	Osieczów	16,8	67,4	67,4	84,2
	Puszcza Borecka	11,4	45,7	45,7	57,1
	Zielonka	12,2	48,7	48,7	60,9
	Złoty Potok	18,6	74,5	74,5	93,1
2017	Godów	29,7	118,6	118,6	148,3
	Osieczów	16,2	64,9	64,9	81,1
	Puszcza Borecka	11,8	47,1	47,1	58,9

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM _{2,5}	Stężenie w stosunku do poziomu docelowego z roku 2010	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego w danym roku	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego z roku 2020
		µg/m ³	%	%	%
	Zielonka	11,7	46,9	46,9	58,6
	Złoty Potok	19,9	79,8	79,8	99,7
2018	Godów	38,5	154,2	154,2	192,7
	Osieczów	17,1	68,2	68,2	85,3
	Puszcza Borecka	12,1	48,4	48,4	60,4
	Zielonka	13,9	55,8	55,8	69,7
	Złoty Potok	20,0	79,8	79,8	99,8
2019	Godów	30,6	122,5	122,5	153,1
	Osieczów	13,1	52,4	52,4	65,5
	Puszcza Borecka	11,1	44,4	44,4	55,5
	Zielonka	9,6	38,6	38,6	48,2
	Złoty Potok	16,1	64,3	64,3	80,4
2020	Godów	26,5	105,9	105,9	132,3
	Osieczów	11,5	46,0	46,0	57,4
	Puszcza Borecka	9,1	36,4	36,4	45,5
	Zielonka	8,6	34,3	34,3	42,8
	Złoty Potok	14,7	58,6	58,6	73,3
2021	Godów	-	-	-	-
	Osieczów	12,3	49,2	49,2	61,5
	Puszcza Borecka	9,6	38,4	38,4	48,0
	Zielonka	8,7	34,8	34,8	43,4
	Złoty Potok	15,6	62,2	62,2	77,8
2022	Godów	22,7	90,7	90,7	113,4
	Osieczów	12,9	51,8	51,8	64,7
	Puszcza Borecka	9,3	37,2	37,2	46,5
	Zielonka	8,4	33,5	33,5	41,9
	Złoty Potok	14,2	56,8	56,8	71,0
2023	Godów	16,3	65,3	65,3	81,6
	Osieczów	11,1	44,4	44,4	55,6
	Puszcza Borecka	8,7	34,8	34,8	43,5
	Zielonka	8,4	33,6	33,6	42,0
	Złoty Potok	14,5	58,0	58,0	72,6
2024	Godów	18,8	75,2	75,2	94,0
	Osieczów	9,7	38,8	38,8	48,5
	Puszcza Borecka	9,7	38,9	38,9	48,6
	Zielonka	8,1	32,3	32,3	40,4
	Złoty Potok	14,3	57,2	57,2	71,6
2025	Godów	18,1	72,5	72,5	90,6
	Osieczów	11,9	47,5	47,5	59,4
	Puszcza Borecka	9,8	39,0	39,0	48,8
	Zielonka	9,8	39,3	39,3	49,1
	Złoty Potok	14,9	59,6	59,6	74,5

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

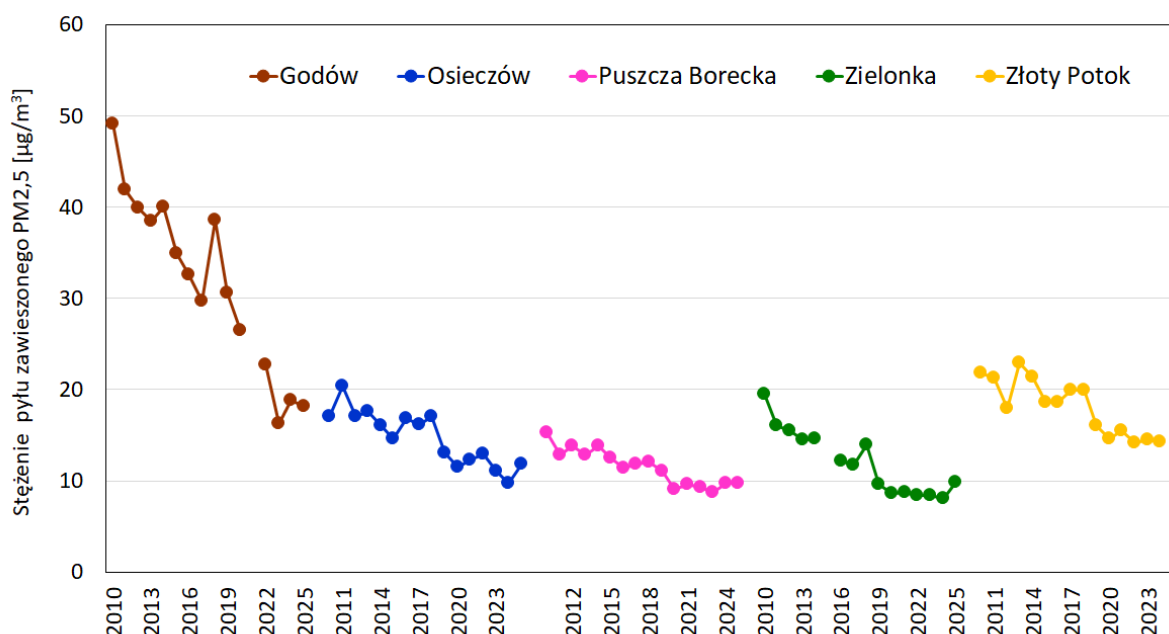
* dane z Zielonki za rok 2015 i z Godowa za rok 2021 pominięte z powodu zbyt niskiej kompletności

W stosunku do poziomu dopuszczalnego określonego od roku 2020 (faza 2) na żadnej ze stacji tła regionalnego nie wystąpiło w ostatnim roku przekroczenie, a notowane stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} stanowiły odpowiednio: ponad 74% poziomu dopuszczalnego w Żłotym Potoku, ponad 59% w Osieczowie oraz po ok. 49% w Zielonce i Puszczy Boreckiej. Dla większości stacji (poza Godowie) były to wartości wyższe niż obserwowane rok wcześniej, a dla Puszczy Boreckiej zmiana z roku na rok była znikoma. Rok 2025 był trzecim od początku prowadzenia pomiarów, w którym przekroczenie poziomu dopuszczalnego nie wystąpiło także na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie, a stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} stanowiło blisko 91% wartości dopuszczalnej (rok wcześniej 94%).

Tym samym na żadnej ze stacji tła regionalnego nie zanotowano w roku 2025 przekroczeń poziomu dopuszczalnego określonego dla fazy 1, co miało miejsce we wszystkich latach w okresie 2010-2020 na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie i po raz pierwszy nie wystąpiło w 2022 roku (w 2021 roku seria pomiarowa była niekompletna). Na początku analizowanego okresu - w latach 2010, 2011, 2013 i 2014 - na stacji Żłoty Potok i w 2011 roku na stacji Osieczów stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} osiągało wartości przekraczające poziom dopuszczalny, przewidziany dla roku 2020 (faza 2).

Na wszystkich stacjach tła regionalnego i w Godowie od roku 2010 obserwowana była wyraźna tendencja spadkowa średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}, chociaż w analizowanym okresie były lata, w których widoczne są niewielkie wzrosty stężenia z roku na rok (Rys. 6.2.2). W roku 2025 na wszystkich stacjach tła regionalnego stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} było zbliżone do wartości z ostatnich lat, przy czym wszędzie było wyższe od wartości z roku poprzedniego lub bardzo mu bliskie (w Puszczy Boreckiej). Wszędzie stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} osiągnęło niższe wartości od notowanych na początku analizowanego okresu badań. Względne różnice wartości stężeń z ostatnich dwóch lat na stacjach tła regionalnego wyniosły ponad 22% w Osieczowie, ponad 21% w Zielonce, ponad 4% w Żłotym Potoku i poniżej 0,5% w Puszczy Boreckiej. Na stacji podmiejskiej w Godowie stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} spadło o blisko 4% w stosunku do wartości z roku poprzedniego.

Omówienie zmian stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} przedstawiono wraz z trendami i tendencjami stężeń składników w nim badanych w wieloleciu w kolejnym podrozdziale.



dane z Zielonki za rok 2015 i z Godowa za rok 2021 pominięte z powodu zbyt niskiej kompletności
 Rys. 6.2.2. Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

Maksymalne i minimalne wartości stężenia średniego dobowego pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz w Godowie przedstawiono w tabeli 6.2.3. Największe maksymalne stężenie dobowe wystąpiło na stacji Godów (94,6 µg/m³), natomiast najmniejsze maksymalne – na stacji Zielonka (38,1 µg/m³). Na wszystkich stacjach, poza Złotym Potokiem, maksima wystąpiły w lutym; w Złotym Potoku miało ono miejsce w styczniu. Maksima notowane w 2025 roku były niższe od notowanych rok wcześniej w Osieczowie, Godowie i Złotym Potoku, a wyższe w Puszczy Boreckiej i Zielonce. Na stacji Godów zaobserwowano największą rozpiętość wartości stężeń średnich dobowych (przy największej wartości maksimum). Spośród stacji tła regionalnego największą amplitudę stężeń odnotowano w Puszczy Boreckiej (przy największej wartości maksymalnej), a najmniejszą w Zielonce (przy najmniejszej wartości maksymalnej).

Tab. 6.2.3. Maksymalne i minimalne stężenia średnie dobowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

Parametr	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
S24 _{max} [µg/m ³]	94,6	54,2	55,9	38,1	45,0
Data S24 _{max}	18.02.2025	18.02.2025	27.02.2025	23.02.2025	22.01.2025
S24 _{min} [µg/m ³]	2,2	1,0	0,8	1,0	5,0
Data S24 _{min}	26.10.2025	26.04.2025	15.11.2025	09.06.2025	24.08.2025
S24 _{max} – S24 _{min} [µg/m ³]	92,4	53,2	55,1	37,1	40,0

6.2.2. Skład pyłu zawieszonego PM_{2,5}

Wyniki stężeń poszczególnych składników oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w latach 2010-2025, lub w krótszym okresie dla niektórych stacji, bądź parametrów, przedstawiono w tabeli 6.2.3, zaś wyniki obliczeń względnych zmian stężeń dla poszczególnych substancji w roku 2025 w stosunku do roku 2024 - w tabeli 6.2.4. Jako wartości odniesienia z wielolecia przyjęto średnie z okresu 2011-2024, gdyż w 2010 roku skład pyłu zawieszonego był badanych tylko na dwóch stacjach tła regionalnego.

Tab. 6.2.4. Wyniki badania składu pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

Rok	Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
		[µg/m ³]										
2010	Godów	49,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	17,0	2,854	2,164	0,161	0,010	0,049	-	0,148	1,233	-	-
	Puszcza Borecka	15,2	2,627	2,102	0,187	0,039	0,144	1,291	0,119	1,117	-	-
	Zielonka	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Złoty Potok	21,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Godów	41,9	3,947	2,784	1,483	0,017	0,073	0,528	0,301	2,407	-	-
	Osieczów	20,4	2,683	1,421	0,081	0,010	0,036	0,127	0,121	1,212	1,50	6,29
	Puszcza Borecka	12,8	2,105	1,434	0,055	0,018	0,080	0,294	0,109	0,780	0,56	3,24
	Zielonka	16,1	1,780	1,460	0,130	0,010	0,100	0,120	0,100	1,080	0,88	4,25
	Złoty Potok	21,3	4,679	2,153	0,585	0,080	0,244	4,654	0,252	1,014	-	-
2012	Godów	39,9	3,326	2,618	1,428	0,024	0,110	0,769	0,262	2,142	-	-
	Osieczów	17,0	2,212	1,314	0,081	0,012	0,012	0,182	0,112	0,946	1,11	5,10
	Puszcza Borecka	13,8	2,077	1,485	0,030	0,014	0,053	0,149	0,093	0,743	0,60	3,28
	Zielonka	15,5	1,747	1,448	0,154	0,012	0,089	0,122	0,100	0,943	0,68	4,56
	Złoty Potok	17,9	4,205	1,860	0,317	0,047	0,321	2,035	0,139	1,345	-	-
2013	Godów	38,4	3,852	2,708	1,202	0,019	0,124	0,435	0,225	2,491	2,15	13,66
	Osieczów	17,6	2,649	1,400	0,049	0,008	0,032	0,203	0,087	1,075	0,81	5,37
	Puszcza Borecka	12,8	1,830	1,028	0,017	0,011	0,041	0,133	0,078	0,790	0,51	3,04
	Zielonka	14,5	2,302	1,473	0,197	0,012	0,107	0,116	0,103	0,881	0,52	3,79
	Złoty Potok	23,0	3,414	1,749	0,201	0,025	0,144	0,397	0,095	1,809	1,51	8,07
2014	Godów	40,0	3,546	2,230	1,432	0,016	0,088	0,237	0,238	2,440	2,51	16,06
	Osieczów	16,0	2,616	1,164	0,049	0,010	0,033	0,130	0,095	1,060	0,78	5,48
	Puszcza Borecka	13,8	2,103	1,437	0,075	0,015	0,063	0,167	0,108	1,143	0,48	2,94
	Zielonka	14,6	2,165	1,630	0,213	0,008	0,089	0,113	0,109	1,315	0,70	6,10
	Złoty Potok	21,3	3,206	1,391	0,191	0,024	0,190	0,360	0,136	1,602	1,27	6,44
2015	Godów	34,9	3,015	2,380	1,128	0,020	0,091	0,186	0,215	2,051	1,89	13,87
	Osieczów	14,6	2,277	1,511	0,055	0,012	0,039	0,185	0,108	0,974	0,75	4,67
	Puszcza Borecka	12,5	1,669	1,667	0,059	0,016	0,082	0,152	0,114	1,021	0,48	3,51
	Zielonka	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Złoty Potok	18,6	2,654	1,428	0,129	0,022	0,093	0,368	0,150	1,358	1,47	7,76
2016	Godów	32,6	3,077	2,095	1,019	0,016	0,089	0,151	0,198	1,971	2,32	14,71
	Osieczów	16,8	2,142	1,624	0,154	0,011	0,029	0,214	0,096	0,964	0,97	5,14
	Puszcza Borecka	11,4	1,461	1,370	0,053	0,008	0,036	0,098	0,073	0,855	0,47	3,02
	Zielonka	12,2	1,702	1,747	0,132	0,010	0,103	0,091	0,093	0,834	0,68	4,35

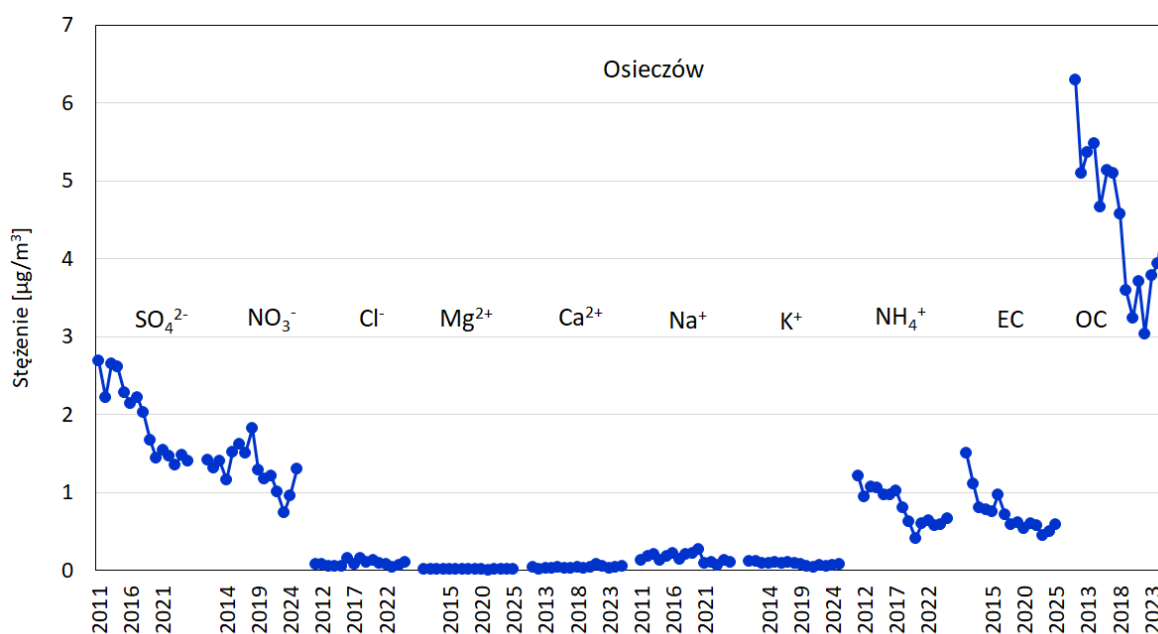
Rok	Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
		[µg/m ³]										
	Złoty Potok	18,6	2,542	1,458	0,180	0,013	0,066	0,176	0,132	1,182	1,41	6,85
2017	Godów	29,7	2,705	2,237	0,679	0,018	0,082	0,408	0,187	1,776	2,39	14,78
	Osieczów	16,2	2,213	1,502	0,078	0,012	0,030	0,146	0,098	1,018	0,71	5,09
	Puszcza Borecka	11,8	1,309	1,494	0,127	0,010	0,040	0,115	0,065	0,591	0,40	2,94
	Zielonka	11,7	1,673	1,407	0,119	0,013	0,176	0,089	0,086	1,075	0,44	3,95
	Złoty Potok	19,9	2,499	1,563	0,137	0,015	0,051	0,168	0,136	1,273	1,37	6,80
	Godów	38,5	3,065	2,744	1,072	0,012	0,069	0,158	0,201	2,216	2,66	18,49
2018	Osieczów	17,1	2,023	1,819	0,150	0,011	0,039	0,200	0,089	0,798	0,58	4,57
	Puszcza Borecka	12,1	1,673	1,453	0,090	0,015	0,078	0,185	0,101	0,812	0,38	3,33
	Zielonka	13,9	1,805	1,583	0,137	0,009	0,160	0,082	0,089	0,980	0,42	4,98
	Złoty Potok	20,0	2,454	1,888	0,143	0,009	0,025	0,152	0,127	1,419	1,41	8,15
	Godów	30,6	2,314	2,125	0,784	0,017	0,134	0,265	0,174	1,357	1,73	12,79
	Osieczów	13,1	1,669	1,286	0,102	0,010	0,029	0,221	0,071	0,632	0,61	3,59
2019	Puszcza Borecka	11,1	1,388	1,421	0,105	0,011	0,056	0,138	0,072	0,741	0,39	2,79
	Zielonka	9,6	1,222	0,993	0,101	0,004	0,087	0,073	0,058	0,820	0,34	3,38
	Złoty Potok	16,1	2,034	1,285	0,075	0,015	0,056	0,272	0,097	1,000	0,80	5,60
	Godów	26,5	1,988	1,743	0,546	0,015	0,400	0,095	0,170	1,155	1,63	10,73
	Osieczów	11,5	1,435	1,179	0,128	0,013	0,037	0,262	0,055	0,410	0,53	3,24
	Puszcza Borecka	9,1	1,163	0,991	0,083	0,012	0,047	0,098	0,062	0,535	0,30	2,47
2020	Zielonka	8,6	1,034	0,990	0,121	0,011	0,157	0,093	0,066	0,282	0,40	2,77
	Złoty Potok	14,7	1,933	1,020	0,127	0,013	0,079	0,234	0,118	0,789	0,92	5,46
	Godów	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	12,3	1,538	1,206	0,086	0,007	0,082	0,086	0,039	0,601	0,60	3,71
	Puszcza Borecka	9,6	1,094	1,171	0,046	0,010	0,033	0,057	0,068	0,704	0,35	2,70
	Zielonka	8,7	1,173	1,187	0,134	0,010	0,151	0,150	0,068	0,444	0,45	2,88
2021	Złoty Potok	15,6	1,940	1,276	0,063	0,011	0,103	0,165	0,106	1,009	0,93	6,01
	Godów	22,7	2,050	1,634	0,521	0,011	0,067	0,098	0,151	1,205	1,57	8,66
	Osieczów	12,9	1,472	1,004	0,078	0,012	0,049	0,107	0,065	0,633	0,57	3,03
	Puszcza Borecka	9,3	1,060	1,059	0,079	0,012	0,027	0,087	0,073	0,596	0,32	2,67
	Zielonka	8,4	1,058	1,191	0,114	0,012	0,098	0,298	0,075	0,285	0,30	2,93
	Złoty Potok	14,2	1,727	1,027	0,107	0,017	0,105	0,221	0,095	0,866	0,76	5,07
2022	Godów	16,3	1,599	1,227	0,346	0,007	0,107	0,081	0,094	0,940	0,94	6,19
	Osieczów	11,1	1,357	0,740	0,045	0,014	0,028	0,064	0,050	0,579	0,45	3,79
	Puszcza Borecka	8,7	1,029	0,910	0,062	0,010	0,038	0,111	0,059	0,659	0,31	2,63
	Zielonka	8,4	1,096	1,040	0,115	0,015	0,100	0,117	0,068	0,223	0,38	2,52
	Złoty Potok	14,5	1,549	0,846	0,054	0,010	0,178	0,162	0,044	0,775	0,60	4,41
	Godów	18,8	1,783	1,260	0,381	0,007	0,041	0,092	0,138	1,025	0,827	6,829
2023	Osieczów	9,7	1,483	0,960	0,069	0,016	0,046	0,133	0,070	0,588	0,497	3,936
	Puszcza Borecka	9,7	1,150	1,023	0,061	0,023	0,044	0,132	0,060	0,595	0,304	2,094
	Zielonka	8,1	1,259	0,941	0,107	0,015	0,119	0,112	0,076	0,287	0,373	2,995
	Złoty Potok	14,3	1,628	0,850	0,037	0,010	0,048	0,104	0,100	0,863	0,618	4,989
	Godów	18,1	1,738	1,446	0,472	0,004	0,025	0,114	0,164	0,969	0,826	7,446
	Osieczów	11,9	1,399	1,298	0,101	0,012	0,052	0,102	0,082	0,662	0,584	4,541
2024	Puszcza Borecka	9,8	1,053	1,156	0,031	0,016	0,056	0,111	0,054	0,578	0,318	2,363
	Zielonka	9,8	1,120	1,324	0,132	0,016	0,092	0,108	0,074	0,108	0,311	2,781
	Godów	18,1	1,738	1,446	0,472	0,004	0,025	0,114	0,164	0,969	0,826	7,446
	Osieczów	11,9	1,399	1,298	0,101	0,012	0,052	0,102	0,082	0,662	0,584	4,541
2025	Puszcza Borecka	9,8	1,053	1,156	0,031	0,016	0,056	0,111	0,054	0,578	0,318	2,363
	Zielonka	9,8	1,120	1,324	0,132	0,016	0,092	0,108	0,074	0,108	0,311	2,781

Rok	Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
		[µg/m ³]										
średnia 2011- 2024	Złoty Potok	14,9	1,582	1,166	0,093	0,013	0,067	0,217	0,115	0,636	0,579	4,820
	Godów	31,6	2,790	2,137	0,925	0,015	0,114	0,269	0,196	1,783	1,875	12,434
	Osieczów	14,7	1,983	1,295	0,086	0,011	0,037	0,161	0,083	0,821	0,749	4,501
	Puszcza Borecka	11,3	1,508	1,282	0,067	0,013	0,051	0,137	0,081	0,755	0,420	2,902
	Zielonka	11,6	1,540	1,315	0,136	0,011	0,118	0,121	0,084	0,727	0,505	3,805
	Złoty Potok	17,9	2,605	1,414	0,168	0,022	0,122	0,676	0,123	1,165	1,088	6,300

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

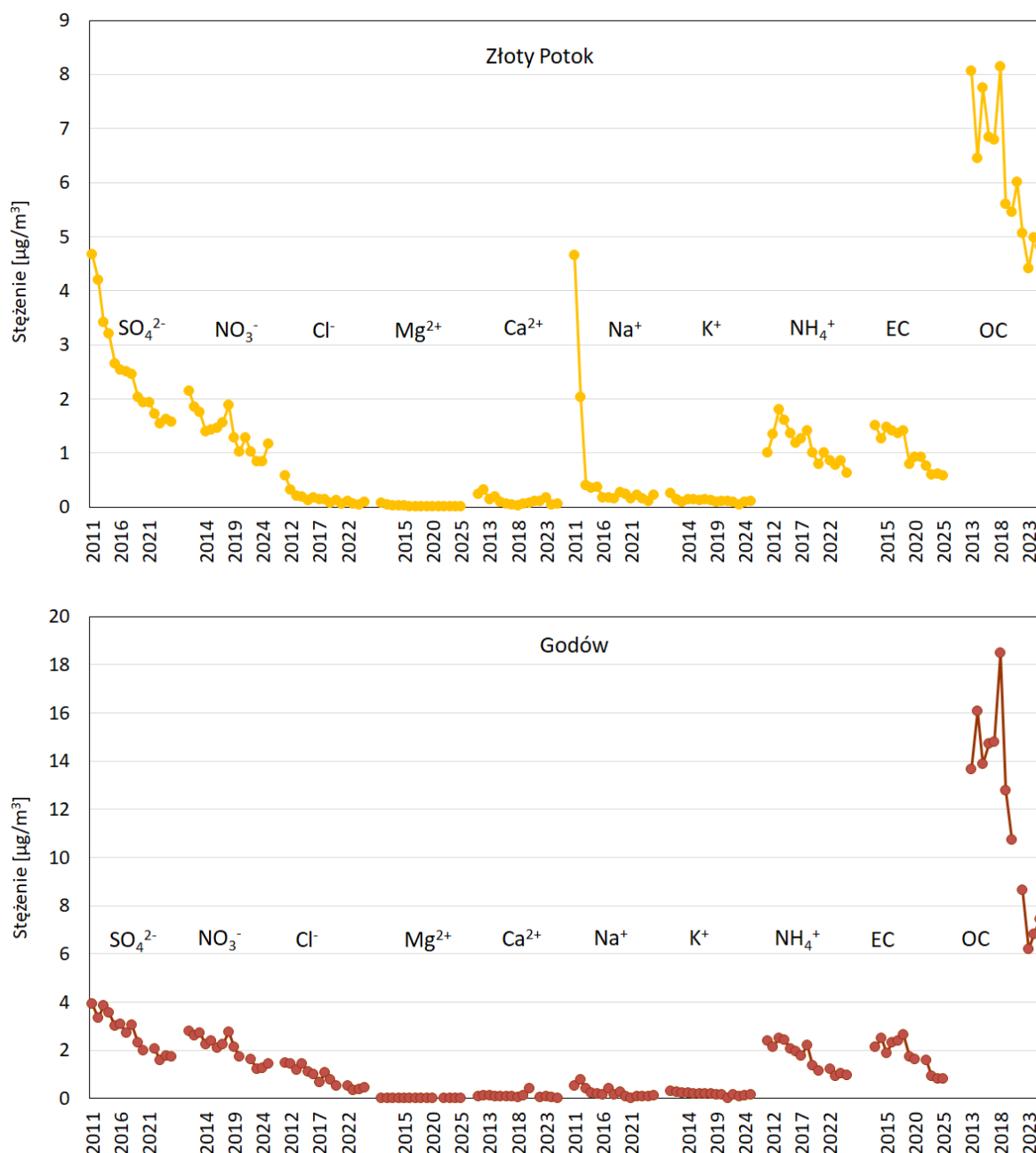
* dane z Zielonki za rok 2015 i z Godowa za rok 2021 pominięte z powodu zbyt niskiej kompletności

Na rysunkach 6.2.3 i 6.2.4 przedstawiono wartości średnich rocznych stężeń wszystkich substancji badanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w okresie objętym pomiarami na każdej ze stacji (dla stacji Godów i Złoty Potok przyjęto inne skale, niż dla trzech pozostałych).





Rys. 6.2.3. Stężenia średnie roczne substancji badanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka w latach 2011-2025. Dane z Zielonki z roku 2015 pominięte ze względu na zbyt niską kompletność serii pomiarowej (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.2.4. Stężenia średnie roczne substancji badanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na stacji tła regionalnego Złoty Potok i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń Godów w latach 2011-2025. Dane z Godowa z roku 2021 pominięte ze względu na zbyt niską kompletność serii pomiarowej (źródło danych: PMŚ)

W 2025 roku w stosunku do wartości z 2024 roku wzrosły wszędzie stężenia jonów azotanowych. Na czterech stacjach wzrosły stężenia jonu chlorkowego (poza Puszczą Borecką), na trzech jonu wapniowego (poza Zielonką i Godowem), jonu potasowego (poza Puszczą Borecką i Zielonką) i węgla organicznego (poza Zielonką i Złotym Potokiem). Na dwóch stacjach wyższe były stężenia średnie roczne jonu sodowego (w Godowie i Złotym Potoku), jonu magnezowego i węgla elementarnego (w Osieczowie i Puszczy Boreckiej). Tylko na jednej stacji wzrosło stężenie jonu amonowego (w Osieczowie); na wszystkich stacjach stężenia jonu siarczanowego były niższe w 2025 roku niż rok wcześniej (Tab. 6.2.5).

W grupie anionów: dla NO_3^- wzrosty wyniosły od 13% do 41%, dla Cl^- wzrosty wyniosły od 24% do 152% a spadki 48%, natomiast dla SO_4^{2-} spadki wyniosły od 2% do 11%. W grupie kationów: dla K^+ odnotowano wzrosty od 15% do 19%, a spadki od 2% do 10%, dla Ca^{2+} wzrosty były na poziomie od 14% do 39%, a spadki sięgnęły od 23% do 39%, dla Na^+ wzrosty wyniosły od 24% do 109% a spadki od 3% do 23%, dla Mg^{2+} wzrosty osiągnęły od 8% do 27%, a spadki od 27% do 37%, dla NH_4^+ wzrost wyniósł 13%, a spadki od 5% do 62%. Względne zmiany stężenia węgla sięgały odpowiednio od -17% do 17% dla węgla elementarnego i od -7% do 15% dla węgla organicznego. Największy wzrost odnotowano dla Cl^- w Żółtym Potoku (152%), a największy spadek dla NH_4^+ w Zielonce (62%).

Tabela 6.2.5. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego $\text{PM}_{2,5}$ oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2025 w stosunku do roku 2024.

Dane z Godowa z 2021 roku unieważnione (źródło danych: PMŚ)

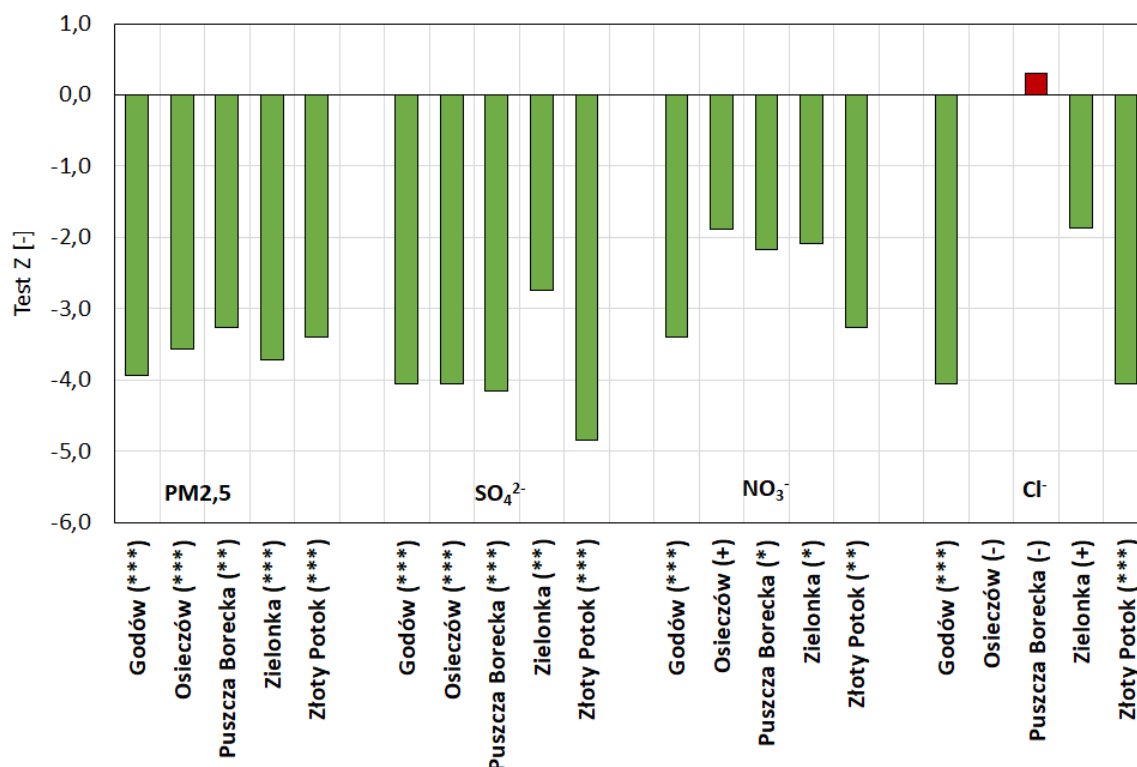
Stacja	Pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+	EC	OC
	[%]										
Godów	-3,7	-2,5	14,8	23,9	-37,5	-39,4	24,1	18,8	-5,5	-0,1	9,0
Osieczów	22,4	-5,7	35,2	46,1	-26,7	13,7	-23,2	17,7	12,6	17,6	15,4
Puszcza Borecka	0,3	-8,4	13,0	-48,4	-31,3	29,2	-16,0	-10,4	-2,8	4,7	12,8
Zielonka	21,4	-11,0	40,6	23,7	8,5	-22,8	-3,1	-2,3	-62,3	-16,7	-7,1
Żółty Potok	4,1	-2,8	37,1	152,2	26,9	39,1	109,2	15,2	-26,3	-6,2	-3,4

Podobną analizę przeprowadzono odnosząc średnie stężenia z roku 2025 do wartości średnich z okresu 2011-2024, lub krótszego, dla którego dostępne są dane pomiarowe. W 2025 roku w stosunku do wartości średnich z wielolecia 2011-2024 na stacjach tła regionalnego oraz w Godowie zmniejszyły się stężenia pyłu zawieszonego $\text{PM}_{2,5}$ i większości badanych w nim składników (Tab. 6.2.6). Zmiany stężeń składników pyłu zawieszonego $\text{PM}_{2,5}$ w stosunku do wartości średnich z wielolecia wynosiły na ogół od kilku do kilkudziesięciu procent. Wyższe niż średnie z wielolecia były jedynie stężenia jonu chlorkowego w Osieczowie (o 17%), jonu magnezowego w Osieczowie, Puszczy Boreckiej i Zielonce (odpowiednio o 3%, 18% i 51%) i jonu wapniowego w Osieczowie (o 39%) i Puszczy Boreckiej (o 10%).

Tabela 6.2.6. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego $\text{PM}_{2,5}$ oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2025 w stosunku do wartości średniej z wielolecia (źródło danych: PMŚ)

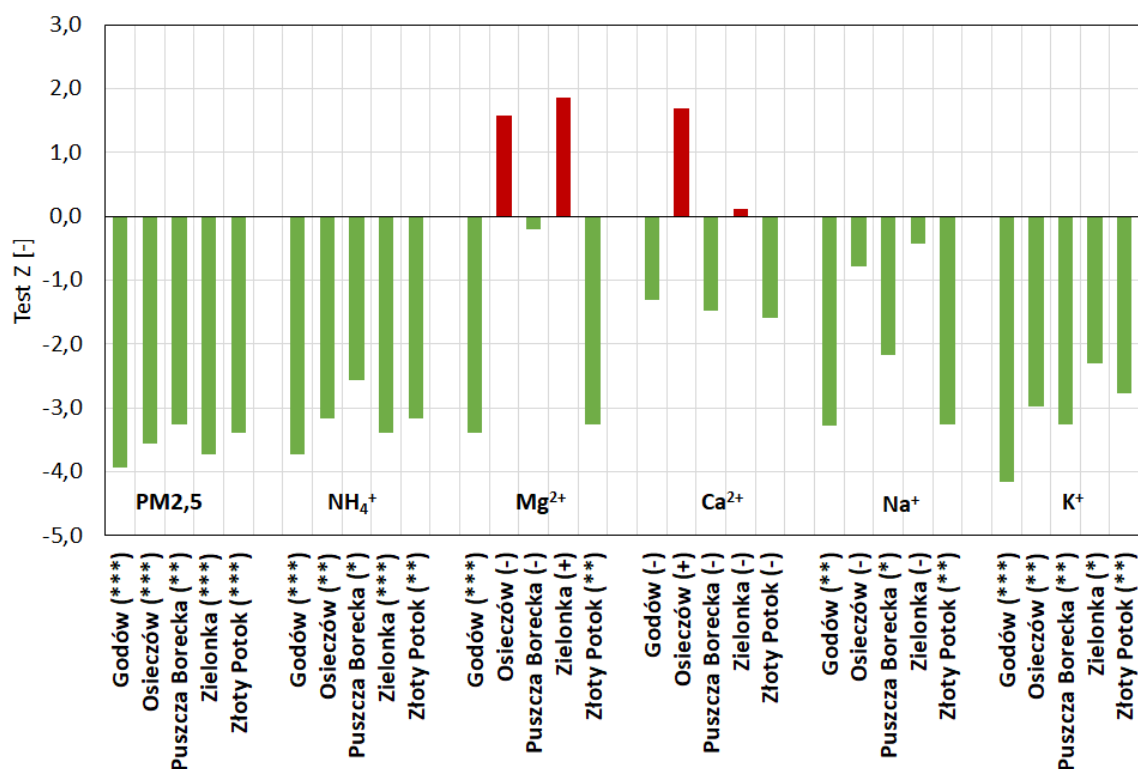
Stacja	Pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+	EC	OC
	[%]										
Godów	-42,7	-37,7	-32,4	-48,9	-71,4	-78,2	-57,7	-16,7	-45,6	-55,9	-40,1
Osieczów	-19,4	-29,5	0,2	17,2	2,9	39,1	-36,5	-0,5	-19,3	-22,0	0,9
Puszcza Borecka	-13,9	-30,1	-9,8	-53,5	17,8	9,7	-19,1	-33,7	-23,4	-24,1	-18,6
Zielonka	-15,1	-27,2	0,7	-3,3	51,0	-22,1	-10,8	-11,5	-85,1	-38,5	-26,9
Żółty Potok	-16,6	-39,3	-17,5	-44,4	-40,7	-45,1	-67,9	-7,0	-45,4	-46,8	-23,5

Analiza statystyczna wykazała istnienie spadkowych trendów stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}, siarczanów, azotanów i chlorków na wszystkich stacjach, poza Osieczowem i Puszczą Borecką w przypadku chlorków. Widoczne są malejące trendy o różnym stopniu istotności: największe i najbardziej istotne statystycznie (***) i (**) trendy malejące stwierdzono dla: pyłu zawieszonego PM_{2,5} na wszystkich stacjach, siarczanów na wszystkich stacjach oraz azotanów i chlorków w Godowie i Złotym Potoku (Rys. 6.2.5). Jedynie stężenia chlorków w Puszczy Boreckiej wykazały nieznaczną tendencję wzrostową.



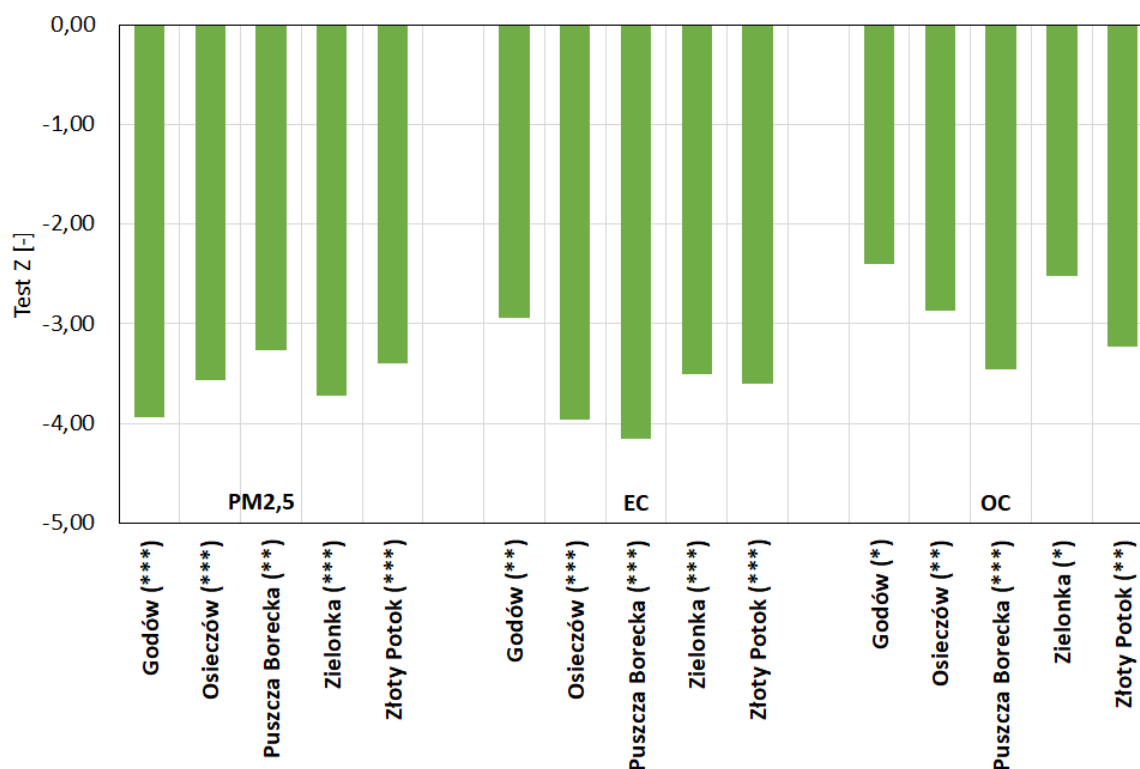
Rys. 6.2.5. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} i zawartych w nim anionów na stacjach tła regionalnego i w Godowie w latach 2011- 2025 (źródło danych: PMS)

Wśród wyników stężeń kationów w pyłe zawieszonym PM_{2,5} tylko dla jonów amonowego i potasowego odnotowano trendy malejące na wszystkich stacjach, przy czym dla potasu największy i jedyny o największej istotności statystycznej wystąpił w Godowie, a dla jonu amonowego największe i o największej istotności statystycznej stwierdzono dla Godowa i Zielonki. Dla jonu sodowego istotne statystycznie trendy malejące zaznaczyły się tylko w Godowie, Złotym Potoku i Puszczy Boreckiej. Dla jonu magnezowego trend malejący widoczny jest w Godowie i Złotym Potoku, a dla jonu wapniowego nie stwierdzono istnienia trendu. Dla jonów magnezowego i wapniowego odnotowano nieznaczną tendencję rosnącą stężenia średniego rocznego w Osieczowie i Zielonce (Rys. 6.2.6).



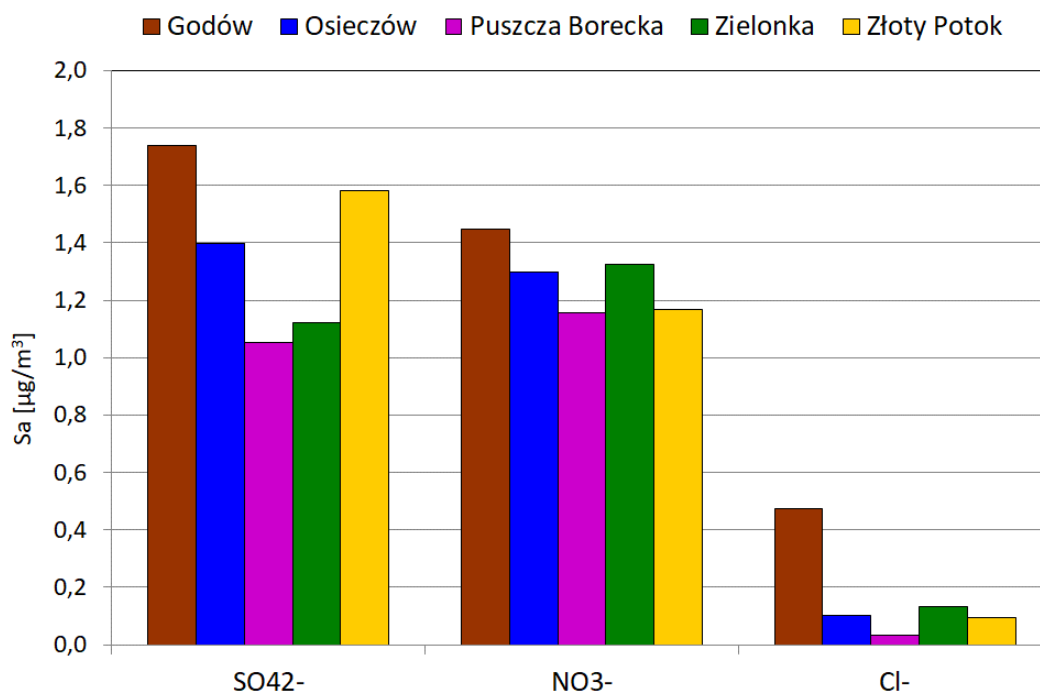
Rys. 6.2.6. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} i zawartych w nim kationów na stacjach tła regionalnego i w Godowie w latach 2011-2025 (źródło danych: PMS)

W przypadku węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) na wszystkich stacjach odnotowano trend malejący o różnym stopniu istotności statystycznej (przy czym w Godowie i Złotym Potoku wyniki pomiarów EC i OC są dostępne od 2013 r., a dodatkowo brakuje danych z Godowa z 2021 r., więc serie poddane analizie są krótsze, niż dla pozostałych stacji). Dla węgla elementarnego najbardziej istotny trend (***) zaobserwowano na wszystkich stacjach poza Godowem, gdzie trend był mniej znaczący (**). Dla węgla organicznego trendy były mniej istotne statystycznie, za wyjątkiem stacji Puszcza Borecka, gdzie stwierdzono najbardziej istotny statystycznie trend malejący (***) (Rys. 6.2.7).



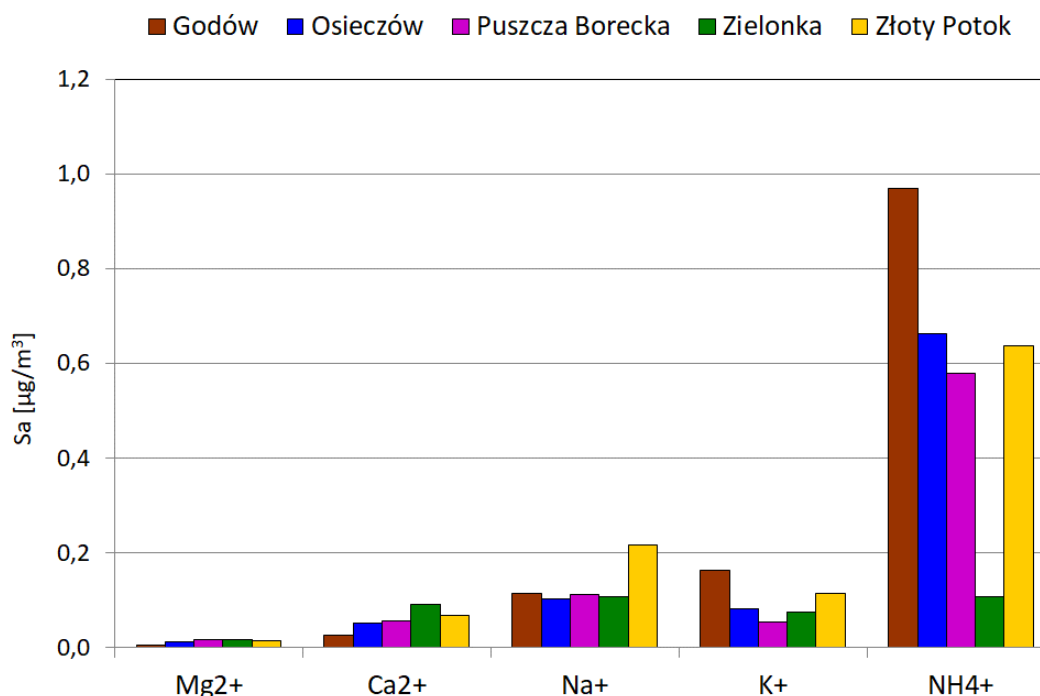
Rys. 6.2.7. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} i zawartych w nim węgla organicznego i elementarnego na stacjach tła regionalnego i Godowie w latach 2011-2025 (źródło danych: PMŚ)

Najwyższe stężenia siarczanów, azotanów i chlorków oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} wystąpiły w 2025 roku na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie. Dla poszczególnych zanieczyszczeń występowały różnice wartości wśród stacji tła regionalnego. W przypadku siarczanów najwyższą wartość średnią roczną stężenia odnotowano na stacji Złoty Potok, zaś najniższe na stacjach Zielonka i Puszcza Borecka (Rys. 6.2.8). W przypadku azotanów najwyższe stężenie notowano (po Godowie) w Zielonce, następnie w Osieczowie, a najniższe w Puszczy Boreckiej i Złotym Potoku. Inaczej wyglądała sytuacja dla chlorków: najwyższe stężenie spośród stacji tła regionalnego odnotowano w Zielonce, zbliżone do siebie były wartości z Osieczowa i Złotego Potoku a minimum stwierdzono dla Puszczy Boreckiej. Wśród anionów dominował jon siarczanowy, na drugim miejscu był jon azotanowy, zaś najmniej było jonu chlorkowego. Najbardziej zbliżone wartości na wszystkich stacjach tła regionalnego zaobserwowano w przypadku jonów azotanowego i chlorkowego (przy różnych poziomach dla tych składników).



Rys. 6.2.8. Stężenia średnie roczne anionów w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego i w Godowie w 2025 roku. (źródło danych: PMŚ)

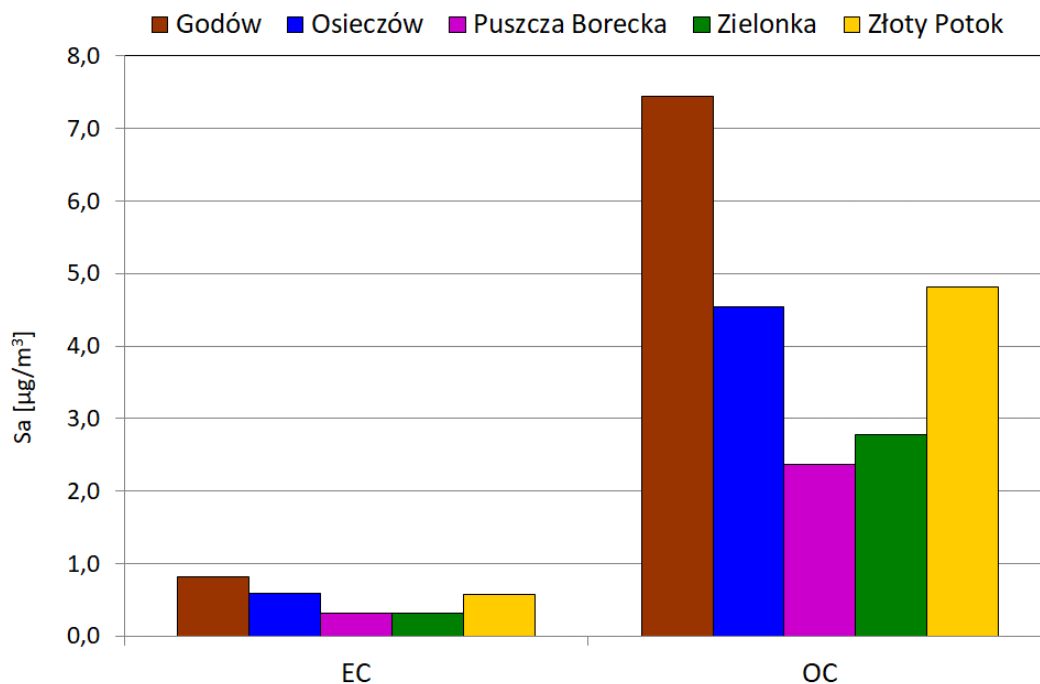
Dla kationów maksima odnotowano na różnych stacjach – jonów amonowego i potasowego w Godowie, a następnie w Złotym Potoku i Osieczowie, jonu wapniowego w Zielonce, a jonu sodowego w Złotym Potoku, przy równych wartościach na pozostałych stacjach; dla jonu magnezowego wartości ze wszystkich stacji były zbliżone, z nieznaczną przewagą Zielonki i Puszczy Boreckiej (Rys. 6.2.9). Najniższe wartości dla poszczególnych składników notowano na różnych stacjach: dla Mg^{2+} i Ca^{2+} w Godowie, dla Na^{+} w Osieczowie, dla K^{+} w Puszczy Boreckiej, a dla NH_4^{+} w Zielonce.



Rys. 6.2.9. Stężenia średnie roczne kationów w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego i w Godowie w 2025 roku. (źródło danych: PMŚ)

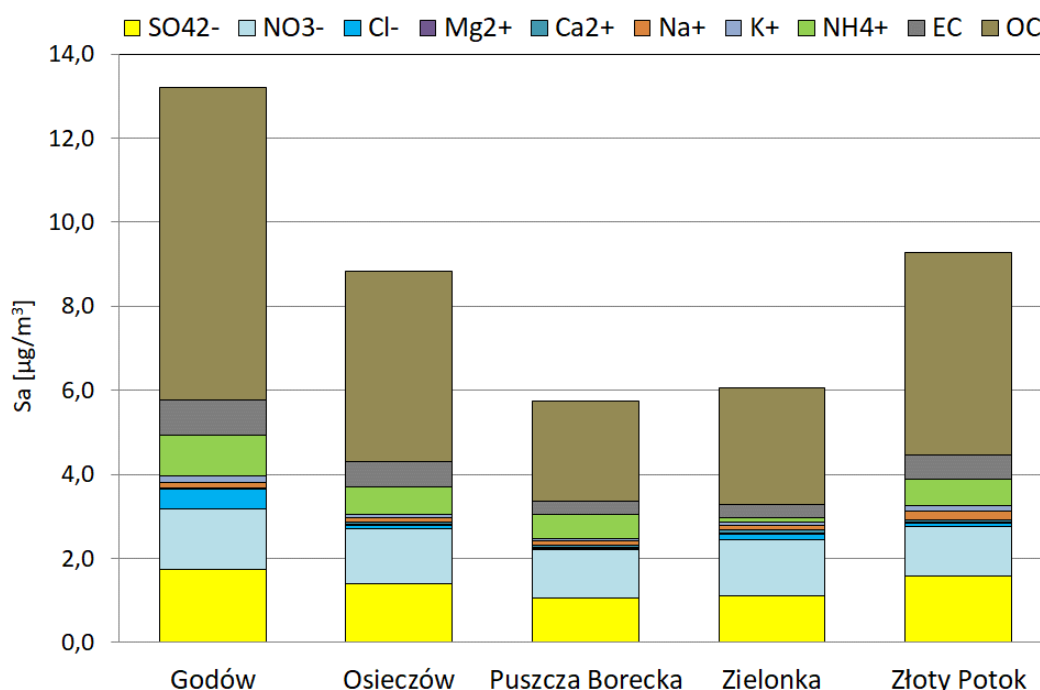
Podobnie, jak w latach wcześniejszych, wśród oznaczanych kationów dominował jon amonowy, zaś najmniej było jonu magnezowego.

Najwyższe stężenia węgla elementarnego i organicznego wystąpiły w Godowie, nieco niższe i zbliżone do siebie w Złotym Potoku i Osieczowie, zaś najniższe w Puszczy Boreckiej i Zielonce (Rys. 6.2.10).



Rys. 6.2.10. Stężenia średnie roczne węgla elementarnego EC i organicznego OC na stacjach tła regionalnego i w Godowie w 2025 roku. (źródło danych: PMŚ)

Sumy stężeń substancji zawartych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w skali roku na poszczególnych stacjach przedstawiono na rysunku 6.2.11. Na wszystkich stacjach największymi udziałami w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w roku 2025 charakteryzowały się węgiel organiczny, siarczany i azotany. Podobnie jak w 2025 roku, również w poprzednich latach zdarzało się, że zarówno w Zielonce, jak i w Puszczy Boreckiej na drugim miejscu znajdował się jon azotanowy, ale nie zawsze było to regułą. Na pozostałych stacjach większy udział miały siarczany niż azotany. Na czwartym miejscu na większości stacji znalazł się jon amonowy - poza Zielonką, gdzie miejsce to zajmował węgiel elementarny. W dalszej kolejności na większości stacji znajdował się węgiel elementarny, a w przypadku Zielonki jon chlorkowy, który na pozostałych stacjach zajął dalsze miejsca. Szóste miejsce zajmował na czterech stacjach –jon sodowy, a w Godowie jon chlorkowy. Na kolejnych trzech miejscach na poszczególnych stacjach były jony chlorkowe, potasowe i wapniowe, jedynie w Zielonce jon amonowy. Najmniejsze stężenia obserwowane były na wszystkich stacjach dla jonu magnezowego (Tab. 6.2.9 i 6.2.11).



Rys. 6.2.11. Substancje oznaczone w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego i w Godowie w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

Tab. 6.2.9. Kolejność występowania składników w pyłe zawieszonym PM_{2,5} ze względu na stężenie średnie roczne w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

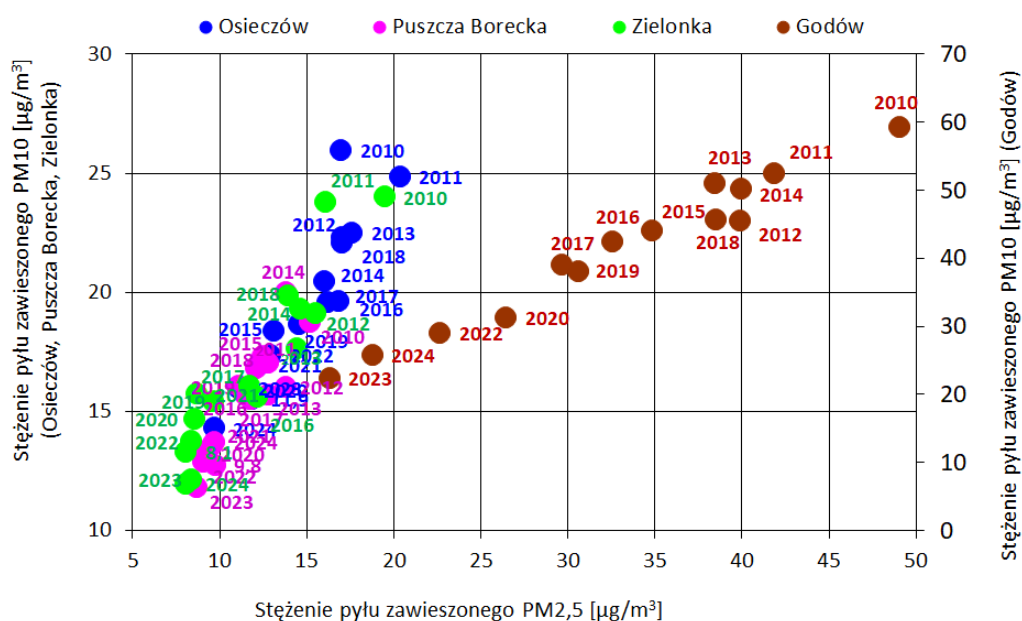
Godów	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	EC	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Osieczów	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	EC	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Puszcza Borecka	OC	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	EC	Na ⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Cl ⁻	Mg ²⁺
Zielonka	OC	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	EC	Cl ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺
Złoty Potok	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	EC	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺

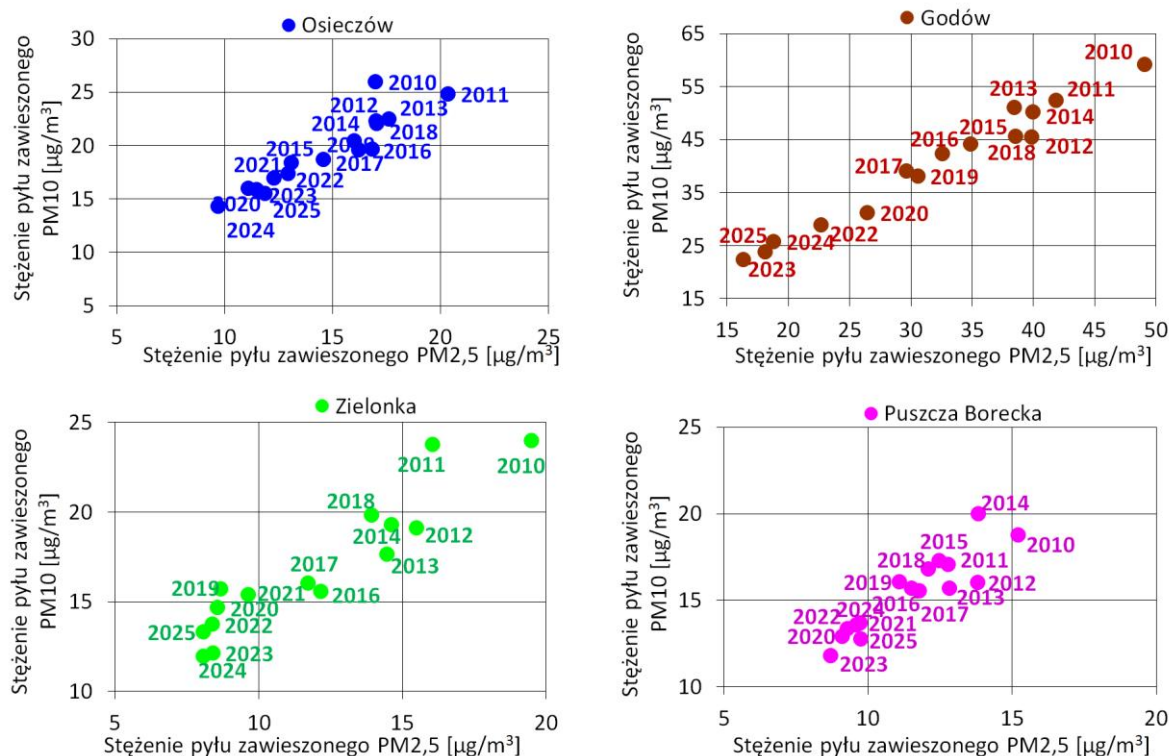
Z przeprowadzonych analiz wynika, iż na wszystkich stacjach między 59% (Puszcza Borecka) a 74% (Osieczów) masy zbieranych próbek pyłu zawieszonego PM_{2,5} stanowiły w 2025 roku substancje, które zostały oznaczone. Należy podkreślić, że na większości stacji węgiel

organiczny i elementarny był oznaczany co drugi dzień, a jedynie w Puszczy Boreckiej i Osieczowie codziennie. Bilans wykonano dla uśrednionych wartości rocznych stężenia poszczególnych składników.

6.3. Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizę dotyczącą udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ na stacjach tła regionalnego Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka oraz na stacji podmiejskiej Godów, w latach 2010-2025. Na rys. 6.3.1. pokazano stężenia obu frakcji pyłu na poszczególnych stacjach. W analizach pominięto dane dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} ze stacji Zielonka z roku 2015 i ze stacji w Godowie z roku 2021 ze względu na to, że serie pomiarowe nie spełniały kryterium kompletności.





Rys. 6.3.1. Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM2,5 i pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ).

Wyniki analiz przedstawione w rozdziałach 6.1 i 6.2, zebrane na rys. 6.3.1 pokazują, że najwyższe stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 w okresie 2010-2025 na poszczególnych stacjach tła regionalnego wystąpiły w latach 2010 (Godów, Puszcza Borecka i Zielonka) i 2011 (Osieczów). W przypadku pyłu zawieszonego PM10 najwyższe stężenia wystąpiły na wszystkich stacjach w roku 2010, z wyjątkiem Puszczy Boreckiej (maksimum w roku 2014).

W roku 2025 odnotowano spadek stężeń obu frakcji pyłu na wszystkich stacjach tła oraz w Godowie w stosunku do wartości z wielolecia, przy czym skala zmian stężenia z roku na rok była porównywalna w przypadku pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5.

Tab. 6.3.1. Udział pyłu zawieszonego PM2,5 w PM10 w roku na stacjach tła regionalnego oraz na stacji podmiejskiej (Godów) w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

Udział	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
2010	83,0%	65,5%	81,2%	81,3%
2011	80,0%	82,0%	75,1%	67,6%
2012	87,8%	76,3%	86,2%	81,1%
2013	75,4%	78,3%	81,9%	82,1%
2014	79,7%	78,4%	69,3%	75,8%
2015	79,2%	78,1%	72,2%	-
2016	77,0%	85,9%	73,3%	78,1%
2017	75,9%	82,8%	75,9%	73,1%
2018	84,6%	77,3%	72,0%	70,3%

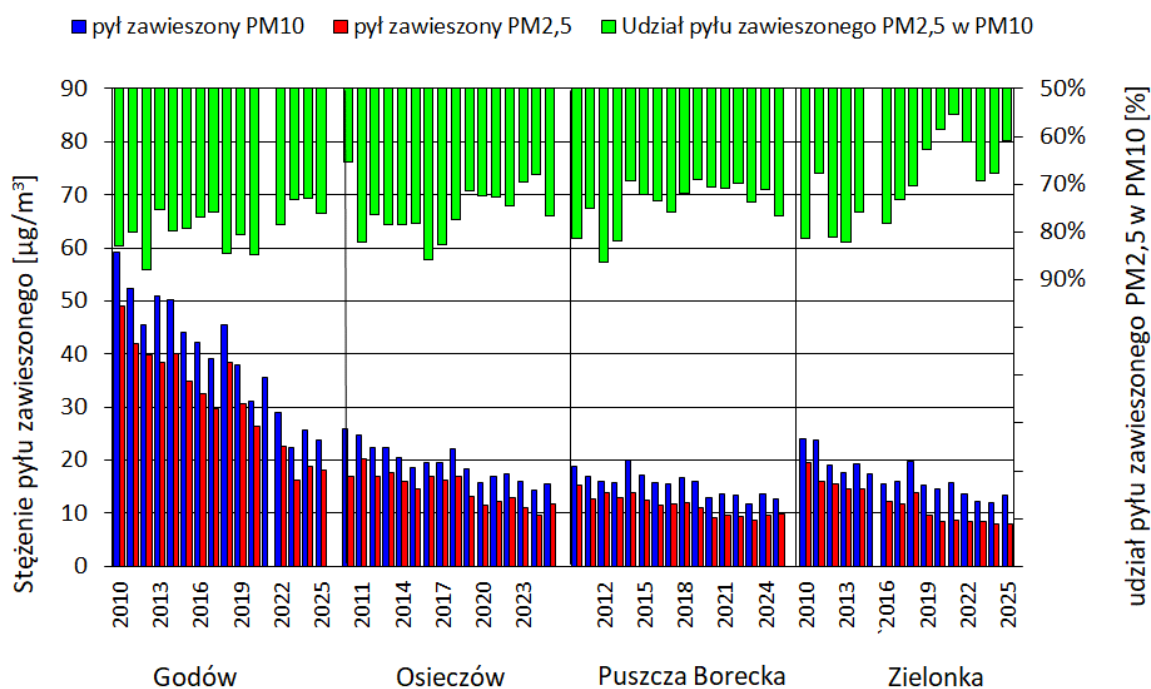
Udział	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
2019	80,5%	71,3%	69,1%	62,6%
2020	84,8%	72,4%	70,7%	58,4%
2021	-	72,6%	70,8%	55,3%
2022	78,5%	74,6%	69,7%	61,1%
2023	73,2%	69,5%	73,7%	69,2%
2024	73,0%	68,0%	71,0%	67,8%
2025	76,1%	76,6%	76,6%	60,8%
Śr. 2010-2024	79,2%	75,6%	74,3%	69,6%

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)
Dane ze stacji Zielonka z 2015 r. i Godów z 2021 r. unieważnione ze względu na zbyt niską kompletność serii pomiarów pyłu zawieszonego PM_{2,5}

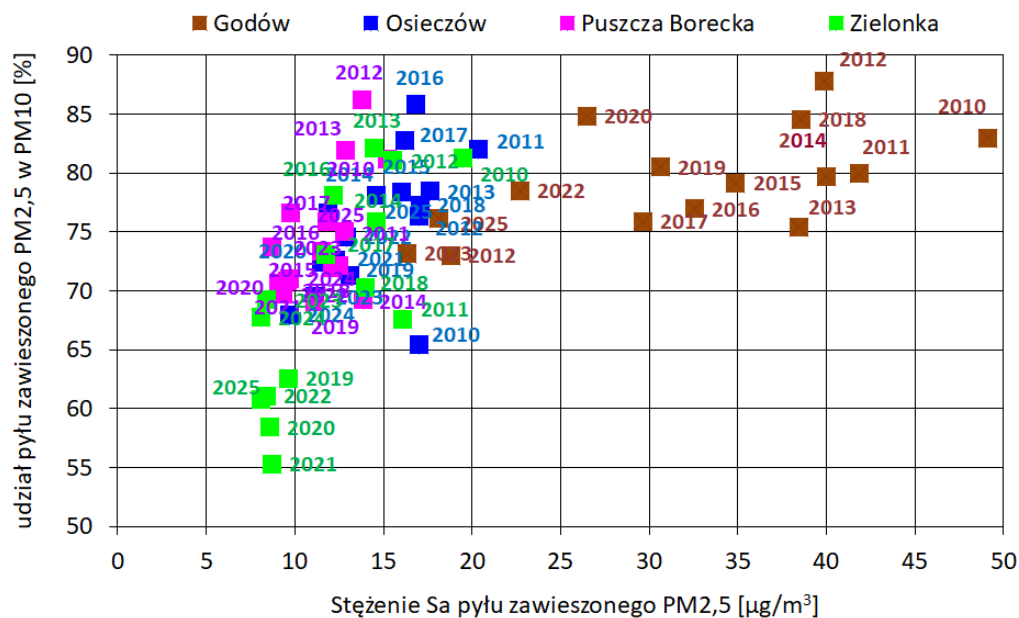
Na stacjach tła regionalnego udziały zawartości pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ w okresie 2010-2025 zawierały się w granicach od 55,3% do 87,8%. Najwyższe wartości tego wskaźnika dla poszczególnych stacji zaobserwowano w roku 2012 na stacjach Godów i Puszcza Borecka (ponad 87% i 86%), w 2016 w Osieczowie (86%), w 2020 w Godowie (85% przy obniżonej do 82% kompletności serii pomiarowej) i w 2017 w Osieczowie (83%) - Tab. 6.3.1, Rys. 6.3.2-6.3.3. Najniższe udziały w okresie 2010-2025 spośród rozważanych stacji tła regionalnego zanotowano w Zielonce w 2021 (55,3%), Osieczowie w roku 2010 (65,5%), Puszczy Boreckiej w 2019 (69,1%) a w Godowie w 2024 (73,0%).

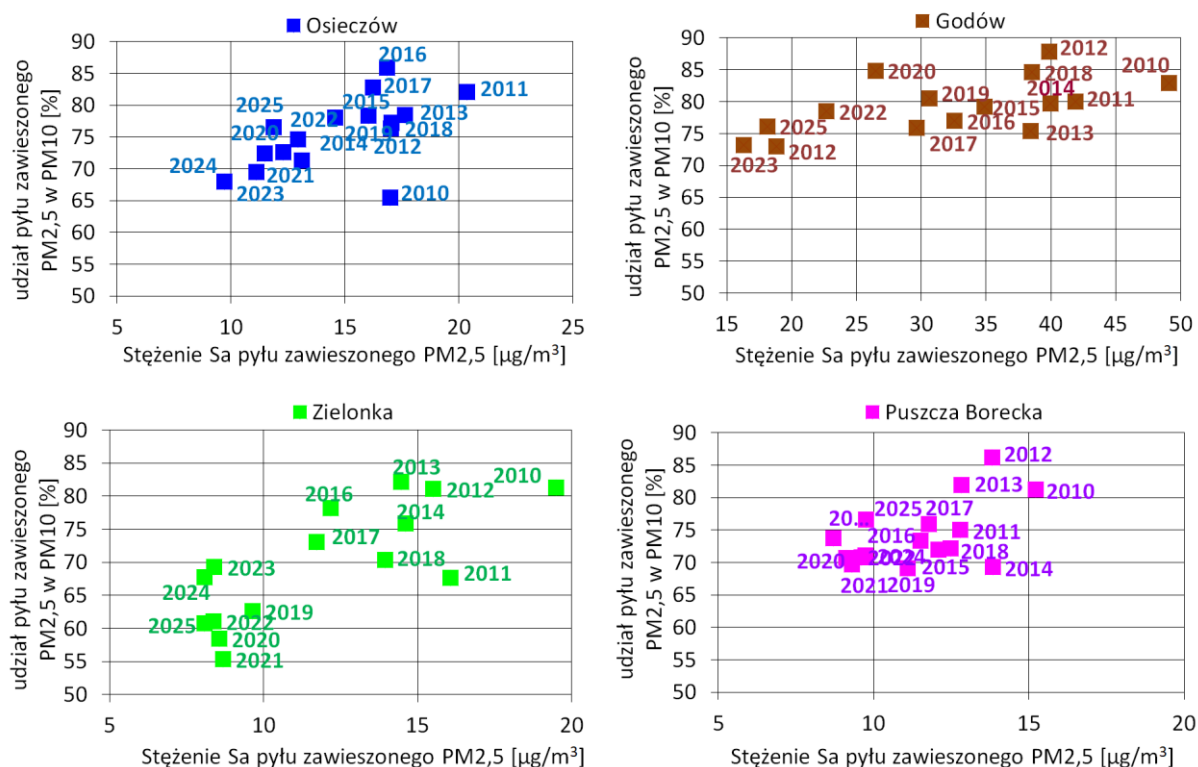
Uzyskane wyniki pokazują, że w roku 2025 na stacjach Godów i Zielonka udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ był mniejszy niż średni w latach 2010-2024, a na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka nieznacznie większy.

W ostatnich latach najmniejsze udziały pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ obserwowano na stacji w Zielonce, nieco większe w Puszczy Boreckiej i Osieczowie, a największe w Godowie. Na początku pomiarów różnice dla tego parametru pomiędzy stacjami były mniejsze.



Rys. 6.3.2. Udział pyłu zawieszonego PM2,5 w PM10 w roku na tle stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM2,5 i PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)





Rys. 6.3.3. Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ w roku na tle stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} na stacjach tła oraz na stacji Godów w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

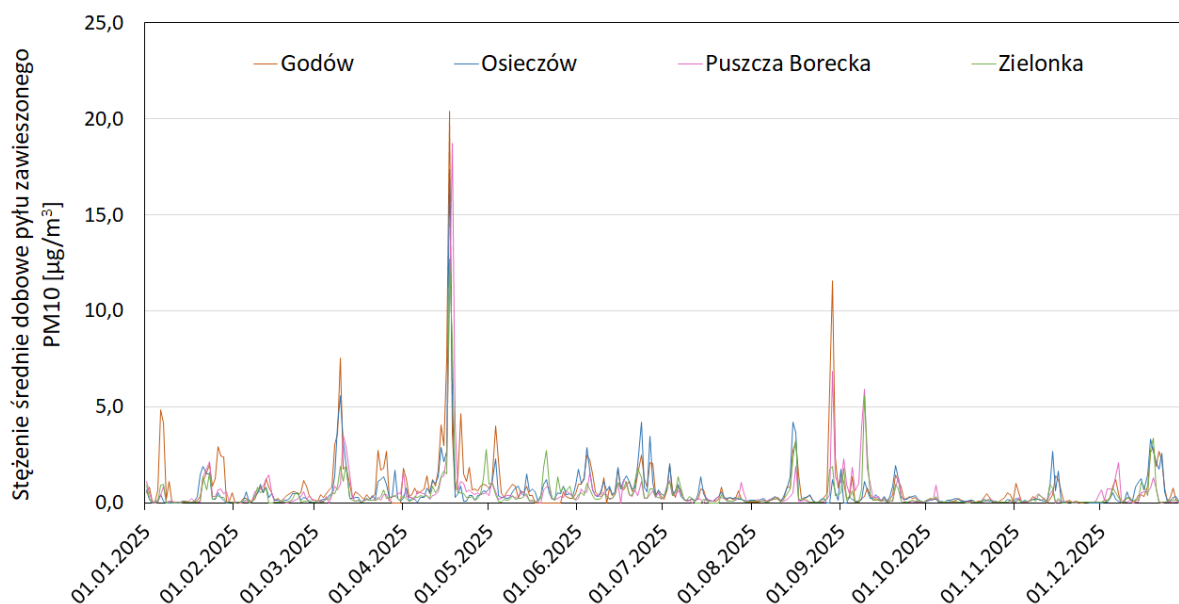
6.4. Stężenie pyłu podczas dni z napływem powietrza zwrotnikowego znad północnej Afryki nad Polskę

W pewnych specyficznych warunkach wielkość stężenia pyłu w Polsce może być kształtowana przez pył pochodzenia saharyjskiego, gdy napływa do kraju powietrze zwrotnikowe znad północnej Afryki. W niniejszym rozdziale przedstawiono wyniki analizy udziału pyłu pochodzenia afrykańskiego w stężeniach pyłu zawieszonego PM₁₀, zmierzonych na stacjach tła regionalnego (bez Złotego Potoku). Dla poszczególnych stacji tła regionalnego Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie, obliczono wielkości stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ przypisywane napływowi znad suchych obszarów Afryki. Informacje o wielkości napływu uzyskano dzięki wykorzystaniu danych pochodzących z europejskiego Serwisu Monitoringu Atmosfery Copernicus (CAMS - Copernicus Atmosphere Monitoring Service).²¹ W ramach serwisu dedykowanego prognozie i analizie jakości powietrza w skali regionalnej CAMS2_40, dostarczane są codzienne prognozy i analizy rozkładu stężeń zanieczyszczeń powietrza nad obszarem Europy. CAMS2_40 udostępnia m.in. stężenia pyłu mineralnego pochodzącego z pustyń poza obszarem Europy. Wykorzystując te informacje obliczono, jaką część stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w danym dniu można przypisać napływowi znad obszarów pustynnych.

Na podstawie rocznego przebiegu stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀, przypisywanych napływowi (Rys. 6.4.1) wytypowano dni z epizodami podwyższonych stężeń, występujących

²¹ Źródło danych: IOŚ-PIB na podstawie CAMS <https://atmosphere.copernicus.eu/>

w wyniku obecności pyłu pochodzącego z suchych obszarów pustynnych. W tabelach i na wykresach w dalszej części rozdziału pokazano przypadki, gdy stężenie pyłu zawieszonego PM₁₀ przypisane napływowi z Afryki przynajmniej na jednej z analizowanych stacji osiągnęło wartość powyżej 5 µg/m³. Wyodrębniono cztery takie epizody: w marcu, kwietniu, sierpniu i wrześniu.



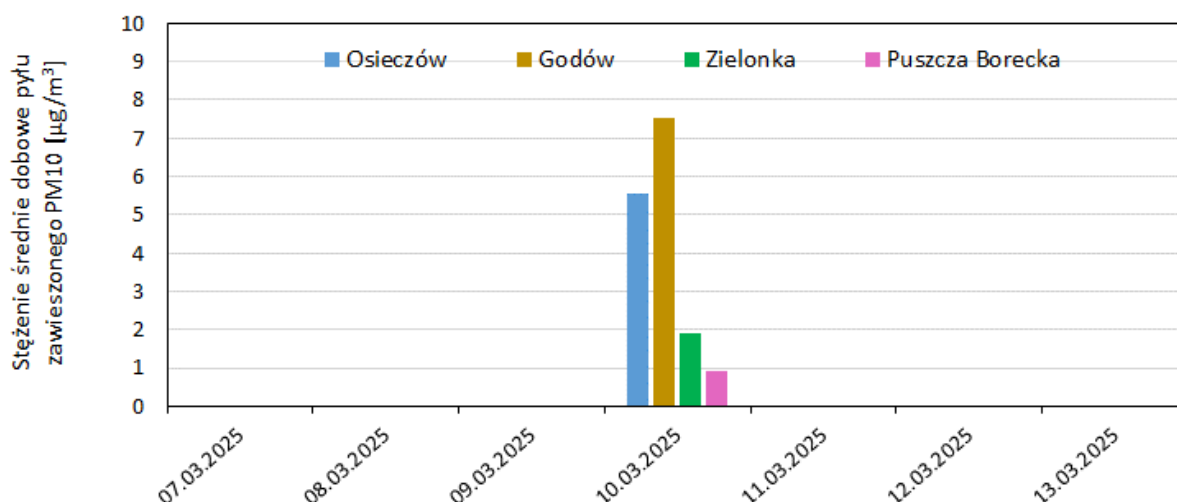
Rys. 6.4.1 Średnie dobowe stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ pochodzącego z napływu z suchych obszarów na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie w 2025 roku (źródło danych: PMŚ i CAMS)

Napływ 1

Analizując stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ przypisywanego na podstawie obliczeń modelowych napływowi z suchych obszarów pustynnych na stacjach tła regionalnego i w Godowie stwierdzono znaczący udział pyłu z napływu z Afryki w dniu 10 marca na stacjach położonych na południu Polski (Tab. 6.4.1 i Rys. 6.4.2). Na stacji Godów wartość stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ pochodzącego z napływu stanowiła w tym dniu 24% zmierzonego stężenia średniego dobowego, a na stacji Osieczów udział ten wyniósł 14%. Natomiast na stacjach położonych na północy kraju wpływ epizodu saharyjskiego na stężenie pyłu zawieszonego PM₁₀ 10.03.2025 r. był niewielki. Pył zawieszony PM₁₀ z napływu stanowił 5% pyłu w Zielonce i 2% pyłu w Puszczy Boreckiej.

Tab. 6.4.1. Stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ na stacjach tła regionalnego i w Godowie w czasie wskazanych przez CAMS epizodów napływu powietrza z Afryki nad Polskę w marcu 2025 roku (źródło danych: PMŚ i CAMS)

Parametr	Data	Osieczów	Godów	Zielonka	Puszcza Borecka
Stężenie pyłu zawieszonego PM ₁₀ [µg/m ³]	10.03.2025	40,4	31,3	37,6	40,1
Napływ pyłu zawieszonego PM ₁₀ [µg/m ³]	10.03.2025	5,6	7,5	1,9	0,9
Udział pyłu zawieszonego PM ₁₀ z napływu [%]	10.03.2025	14%	24%	5%	2%



Rys. 6.4.2. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie przypisane napływowi powietrza znad Afryki w marcu 2025 roku (źródło danych: CAMS i PMŚ)

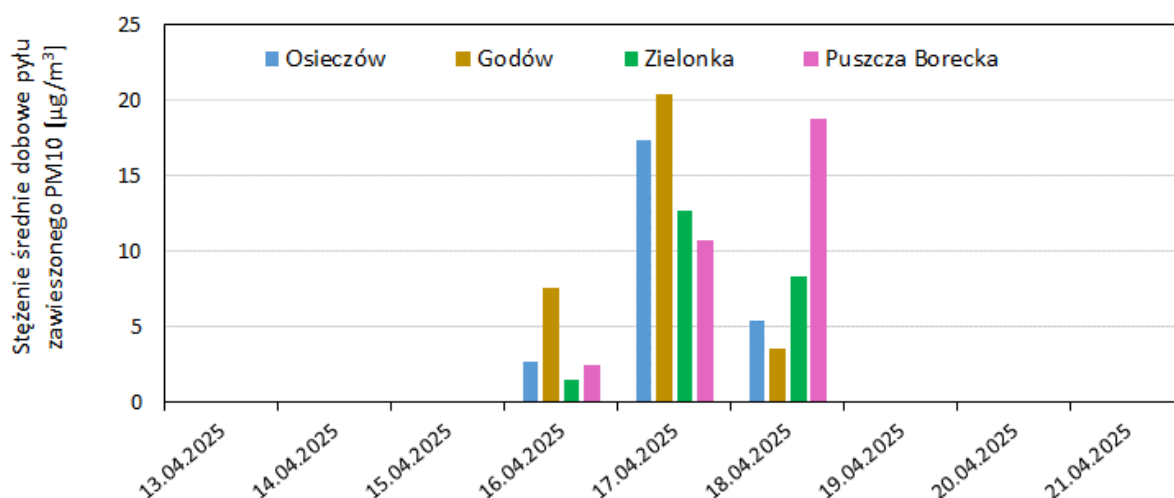
Napływ 2

W kwietniu wskazano 3-dniowy epizod napływu powietrza znad Afryki, dla którego w Tab. 6.4.2 podano wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie.

Epizod zaznaczył się w obliczeniach modelowych CAMS na wszystkich stacjach; stężenia pyłu zawieszonego PM10, przypisywane napływowi znad obszaru Afryki, widoczne były najpierw w Godowie i Osieczowie, a później w Zielonce i Puszczy Boreckiej. Udział napływu w stężeniu pyłu zawieszonego PM10 był największy w Osieczowie (76%) i Godowie (74%) 17.04.2025 a w Puszczy Boreckiej i Zielonce wyniósł po 52% w dniu 18.04.2025.

Tab. 6.4.2. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie w czasie wskazanych przez CAMS epizodów napływu powietrza znad Afryki nad Polskę w kwietniu 2025 roku (źródło danych: PMŚ i CAMS)

Parametr	Data	Osieczów	Godów	Zielonka	Puszcza Borecka
Stężenie pyłu zawieszonego PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	16.04.2025	11,9	15,8	15,0	18,4
	17.04.2025	23,0	27,7	25,0	29,0
	18.04.2025	13,3	9,7	16,0	36,3
Napływ pyłu zawieszonego PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	16.04.2025	2,7	7,5	1,5	2,4
	17.04.2025	17,4	20,4	12,7	10,7
	18.04.2025	5,4	3,6	8,3	18,7
Udział pyłu zawieszonego PM10 z napływu [%]	16.04.2025	23%	48%	10%	13%
	17.04.2025	76%	74%	51%	37%
	18.04.2025	41%	37%	52%	52%



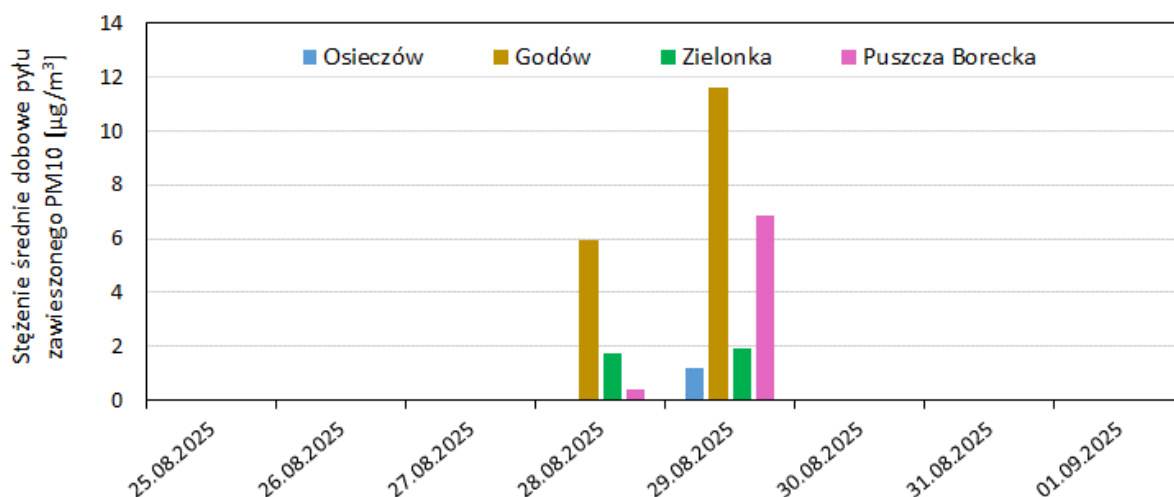
Rys. 6.4.3. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie przypisane napływowi powietrza znad północnej Afryki w kwietniu 2025 roku (źródło danych: CAMS i PMŚ)

Napływ 3

Kolejny epizod napływu powietrza znad Afryki miał miejsce 28 i 29 sierpnia i dla tych dni w Tab. 6.4.3 podano wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie. Był to słaby epizod, który zaznaczył się przede wszystkim w Godowie, gdzie udział pyłu zawieszonego PM10 z napływu sięgnął 20% w pierwszym dniu i 40% w drugim dniu oraz w Puszczy Boreckiej, gdzie 29.08 stężenie pyłu z napływu stanowiło 40% zmierzonego stężenia pyłu zawieszonego PM10 (Tab. 6.4.3 i Rys. 6.4.4). W Zielonce udział pyłu z napływu w stężeniach pyłu zawieszonego PM10 w tych dniach sięgał od 8% do 14%, a w Osieczowie udział oceniono tylko dla drugiego dnia - na 10%, ze względu na brak danych pomiarowych z pierwszego dnia.

Tab. 6.4.3. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie w czasie wskazanych przez CAMS epizodów napływu powietrza zwrotnikowego znad Afryki nad Polskę w sierpniu 2025 roku (źródło danych: PMŚ i CAMS)

Parametr	Data	Osieczów	Godów	Zielonka	Puszcza Borecka
Stężenie pyłu zawieszonego PM10 [µg/m³]	28.08.2025		29,4	21,6	14,5
	29.08.2025	11,7	28,4	14,0	20,8
Napływ pyłu zawieszonego PM10 [µg/m³]	28.08.2025		5,9	1,7	0,4
	29.08.2025	1,2	11,6	1,9	6,9
Udział pyłu zawieszonego PM10 z napływu [%]	28.08.2025		20%	8%	3%
	29.08.2025	10%	41%	14%	33%



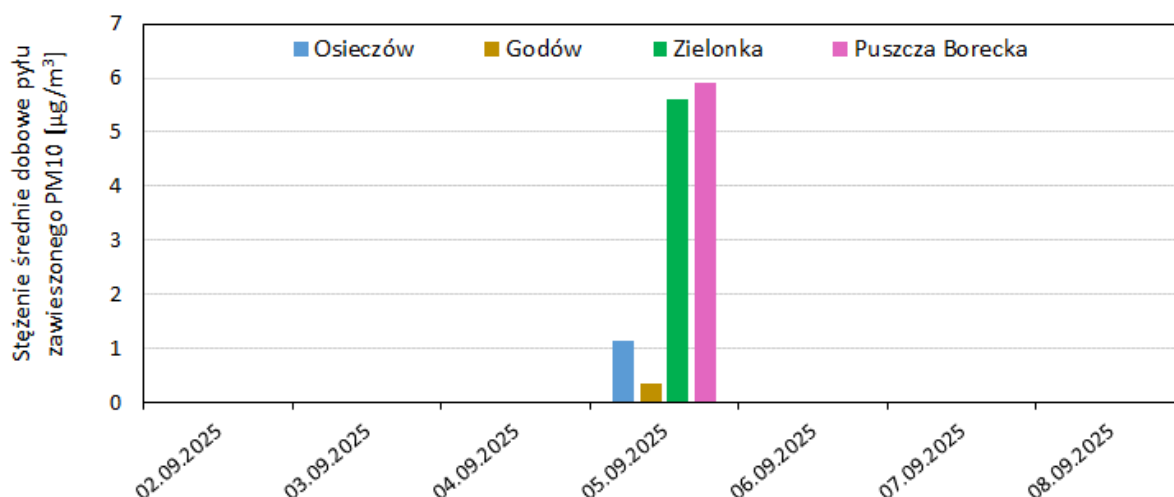
Rys. 6.4.4. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie przypisane napływowi powietrza znad północnej Afryki w sierpniu 2025 roku (źródło danych: CAMS i PMŚ)

Napływ 4

Kolejny epizod napływu powietrza znad suchych regionów miał miejsce 9 września i dla tych dni w Tab. 6.4.4 podano wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie. Epizod ten był widoczny przede wszystkim na stacjach w Zielonce i Puszczy Boreckiej, na których udział pyłu z napływu stanowił odpowiednio 36 i 37% w zmierzonym stężeniu pyłu zawieszonego PM10. Na południu Polski udział ten był niewielki – wyniósł 3% w Godowie i 7% w Osieczowie.

Tab. 6.4.4. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie w czasie wskazanych przez CAMS epizodów napływu powietrza zwrotnikowego znad Afryki nad Polskę we wrześniu 2025 roku (źródło danych: PMŚ i CAMS)

Parametr	Data	Osieczów	Godów	Zielonka	Puszcza Borecka
Stężenie pyłu zawieszonego PM10 [µg/m³]	09.09.2025	15,8	13,0	15,5	15,9
Napływ pyłu zawieszonego PM10 [µg/m³]	09.09.2025	1,1	0,3	5,6	5,9
Udział pyłu zawieszonego PM10 z napływu [%]	09.09.2025	7%	3%	36%	37%



Rys. 6.4.5. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 na stacjach tła regionalnego i w Godowie przypisane napływowi powietrza znad północnej Afryki we wrześniu 2025 roku (źródło danych: CAMS i PMS)

6.5. Depozycja zanieczyszczeń do podłoża

Zgodnie z wymaganiami aktualnego *Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*²², należy oceniać depozycję całkowitą metali ciężkich i WWA w co najmniej trzech punktach pomiarowych tła regionalnego w kraju. Na trzech spośród omawianych stacji tła: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka badano zawartość metali ciężkich i WWA w opadach całkowitych. Integralną część programu stanowiły pomiary wielkości opadów. Wartości depozycji szacowano na podstawie stężeń badanych składników i wysokości opadu (obliczanej na podstawie masy/objętości zebranych opadów). We wcześniejszych raportach przeprowadzono analizy dla rocznych wartości depozycji uzyskanych na wymienionych stacjach oraz przedstawiono wskaźniki depozycji metali ciężkich i WWA wyrażone w $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dzień}$. Od roku 2015 cała analiza prowadzona jest z wykorzystaniem wskaźników. Należy też podkreślić, że stacja w Zielonce w początkowym okresie pomiarów pobierała próbki przez 2 tygodnie w miesiącu do oznaczania metali, a przez kolejne dwa – do oznaczania WWA. Przy dużych próbkach dokonywano podziału i oznaczano zawartość zarówno jednych, jak i drugich zanieczyszczeń. Wskaźniki dla tej stacji wyznaczono na podstawie danych z okresów, kiedy były pobierane próbki do oznaczania każdej z grup zanieczyszczeń. Dane dla metali ciężkich uzyskane w Zielonce w 2010 roku zostały unieważnione, gdyż granica oznaczalności była zbyt wysoka. W Osieczowie do czerwca 2019 próbki do oznaczania metali ciężkich i WWA były pobierane do jednej butli, a następnie rozdzielane, a od lipca pobierano próbki do osobnych butli. Na stacji Puszcza Borecka wykorzystywano dwa kolektory, do których pobierano osobno próbki do oznaczania metali ciężkich i WWA. Od 2020 roku na wszystkich stacjach próbki do oznaczania metali ciężkich i WWA pobierano do dwóch osobnych kolektorów.

²² Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2024 r. poz. 870)

6.5.1. Metale ciężkie

Wskaźniki depozycji metali ciężkich na poszczególnych stacjach dla lat 2010-2025 przedstawiono w tabeli 6.5.1.

Tab. 6.5.1. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2025 (źródło danych: PMS)

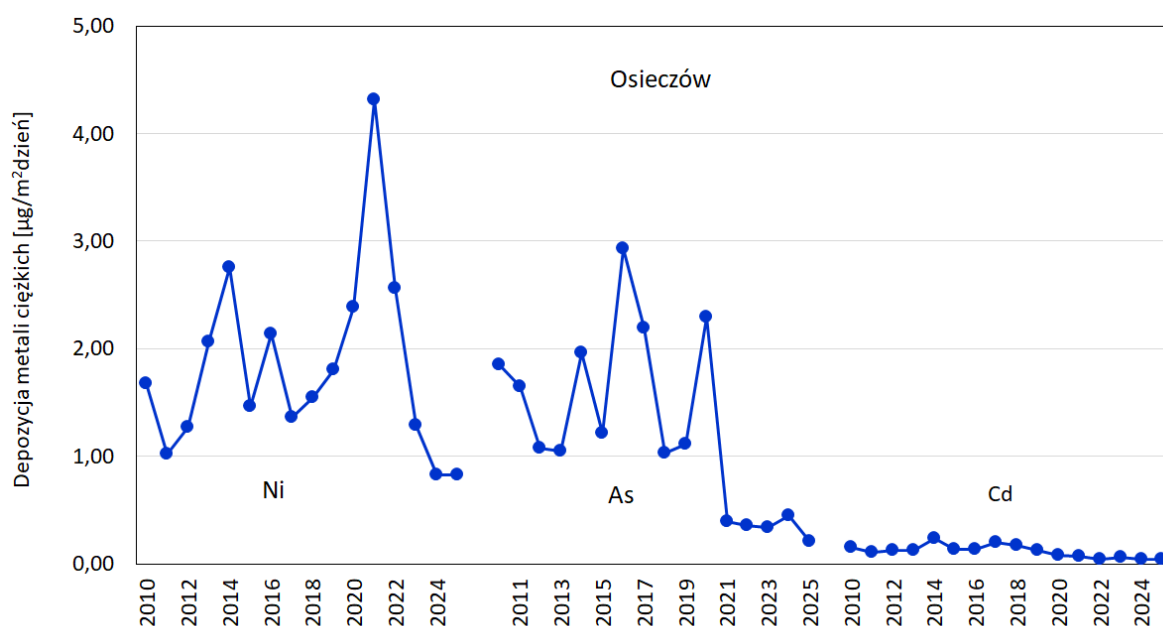
Rok	Stacja	Ni	As	Cd
		[µg/m ² dzień]		
2010	Osieczów	1,672	1,849	0,151
	Puszcza Borecka	0,387	0,475	0,069
	Zielonka*			
2011	Osieczów	1,022	1,645	0,107
	Puszcza Borecka	0,608	0,459	0,076
	Zielonka	0,619	0,240	0,041
2012	Osieczów	1,272	1,075	0,126
	Puszcza Borecka	0,466	0,519	0,079
	Zielonka	0,469	0,439	0,054
2013	Osieczów	2,063	1,048	0,123
	Puszcza Borecka	0,374	0,547	0,045
	Zielonka	0,465	0,442	0,068
2014	Osieczów	2,754	1,960	0,238
	Puszcza Borecka	0,348	0,301	0,050
	Zielonka	0,273	0,174	0,012
2015	Osieczów	1,463	1,210	0,133
	Puszcza Borecka	0,681	0,379	0,079
	Zielonka	0,241	0,203	0,008
2016	Osieczów	2,132	2,934	0,133
	Puszcza Borecka	0,560	0,539	0,071
	Zielonka	0,995	0,294	0,011
2017	Osieczów	1,364	2,196	0,200
	Puszcza Borecka	1,049	0,542	0,085
	Zielonka	0,466	0,563	0,040
2018	Osieczów	1,548	1,033	0,173
	Puszcza Borecka	0,673	0,370	0,049
	Zielonka	0,657	0,409	0,041
2019	Osieczów	1,804	1,108	0,128
	Puszcza Borecka	0,740	0,412	0,022
	Zielonka	0,697	0,303	0,026
2020	Osieczów	2,389	2,290	0,081
	Puszcza Borecka	0,788	0,410	0,043

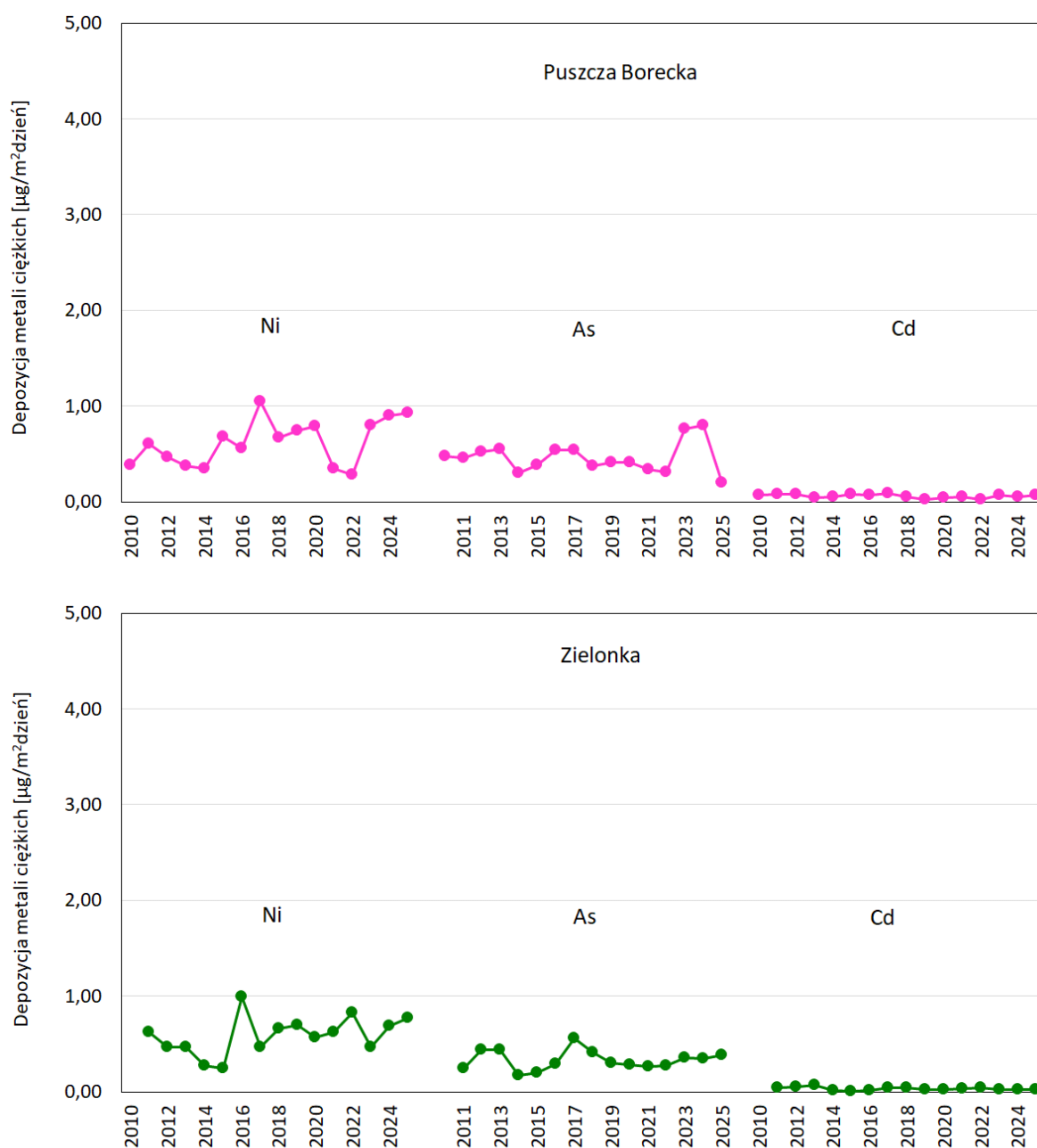
Rok	Stacja	Ni	As	Cd
		[µg/m ² dzień]		
	Zielonka	0,570	0,285	0,028
2021	Osieczów	4,313	0,391	0,073
	Puszcza Borecka	0,348	0,336	0,054
	Zielonka	0,627	0,259	0,029
2022	Osieczów	2,556	0,356	0,046
	Puszcza Borecka	0,281	0,307	0,022
	Zielonka	0,830	0,277	0,037
2023	Osieczów	1,288	0,335	0,061
	Puszcza Borecka	0,798	0,763	0,070
	Zielonka	0,464	0,351	0,019
2024	Osieczów	0,825	0,451	0,044
	Puszcza Borecka	0,899	0,802	0,052
	Zielonka	0,686	0,343	0,025
2025	Osieczów	0,825	0,212	0,042
	Puszcza Borecka	0,924	0,197	0,070
	Zielonka	0,772	0,386	0,021
średnia 2010-2024	Osieczów	1,898	1,325	0,121
	Puszcza Borecka	0,600	0,477	0,058
	Zielonka **	0,576	0,327	0,031

*dane unieważnione, wysoka granica oznaczalności

**dla Zielonki średnia z lat 2011-2024

Zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich na poszczególnych stacjach tła regionalnego z roku na rok pokazano w formie graficznej na rysunku 6.5.1.





Rys. 6.5.1. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2025; dane z 2010 roku dla Zielonki unieważnione (źródło danych: PMŚ)

Dla poszczególnych stacji określono względne zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów w roku 2025 w stosunku do roku 2024 (Tab. 6.5.2). Na wszystkich stacjach wysokość opadu (wykorzystana do wyznaczenia depozycji metali ciężkich) była wyższa od obserwowanej w roku poprzednim – na stacji Osieczów o 8%, na stacji Puszcza Borecka o 27%, a na stacji Zielonka o 13%.

Tab. 6.5.2. Względne zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów na stacjach tła regionalnego w 2025 roku w stosunku do wartości z roku 2024 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	[%]			
Osieczów	0,0	-53,1	-3,1	8,2
Puszcza Borecka	2,8	-75,5	35,3	26,7
Zielonka	12,6	12,6	-16,6	13,1

W 2025 roku stwierdzono zmiany wskaźników depozycji badanych metali ciężkich w stosunku do wartości obserwowanych rok wcześniej – zarówno spadki, jak i wzrosty. Zmiany względne wskaźnika depozycji niklu wyniosły około -3% w Puszczy Boreckiej i blisko -13% w Zielonce, przy braku zmiany w Osieczowie. Wskaźnik depozycji arsenu był niższy od wyznaczonego rok wcześniej o ponad 53% w Osieczowie i o ponad 75% w Puszczy Boreckiej, ale o blisko 13% wyższy w Zielonce. Dla kadmu odnotowano spadek wskaźnika depozycji o 3% w Osieczowie i o blisko 17% w Zielonce oraz wzrost o ponad 35% w Puszczy Boreckiej.

Podobną analizę przeprowadzono odnosząc wskaźniki depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów w roku 2025 do wartości średniej z lat 2010-2024 dla Osieczowa i Puszczy Boreckiej oraz średniej z lat 2011-2024 dla Zielonki (Tab. 6.5.3). Na stacjach Puszcza Borecka i Zielonka wysokości opadów były w roku 2025 wyższe od średnich z wielolecia, a na stacji Osieczów różnica wyniosła blisko -7%.

Tab. 6.5.3. Względne zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów na stacjach tła regionalnego w 2025 roku w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2024 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	[%]			
Osieczów	-56,5	-84,0	-65,0	-6,7
Puszcza Borecka	54,0	-58,8	22,2	12,2
Zielonka *	34,1	18,0	-33,9	8,6

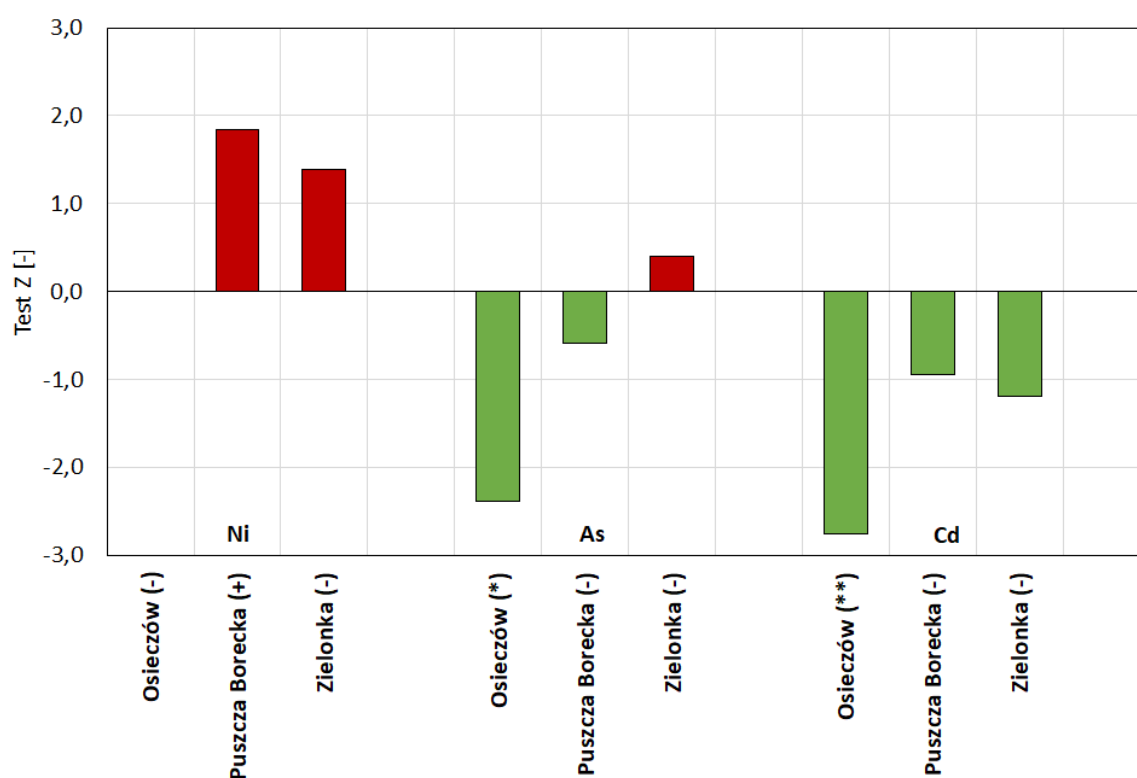
* dla Zielonki średnia z lat 2011-2024

Zmiany względne wielkości wskaźników depozycji poszczególnych metali ciężkich w roku 2025 w stosunku do uśrednionych wartości z wielolecia wyniosły od kilkunastu do kilkudziesięciu procent. Dla niklu zmiany wyniosły od -57% w Osieczowie do 54% w Puszczy Boreckiej, dla arsenu od -84% w Osieczowie do 18% w Zielonce, a dla kadmu od -65% w Osieczowie do 22% w Puszczy Boreckiej.

Na stacji Osieczów odnotowano zmniejszenie wskaźników depozycji wszystkich badanych metali ciężkich w roku 2025 w stosunku do wartości z średnich z lat 2010-2024, na stacji Puszcza Borecka stwierdzono wzrosty dla wskaźników depozycji niklu i kadmu a spadek dla arsenu, zaś na stacji Zielonka - wzrosty dla wskaźników depozycji niklu i arsenu oraz spadek dla kadmu.

Wskaźniki depozycji arsenu i kadmu uległy zmniejszeniu w stosunku do wartości średnich z wielolecia na dwóch stacjach, a niklu na jednej stacji. Na dwóch stacjach wysokość opadu była w ostatnim roku niższa od średniej z wielolecia.

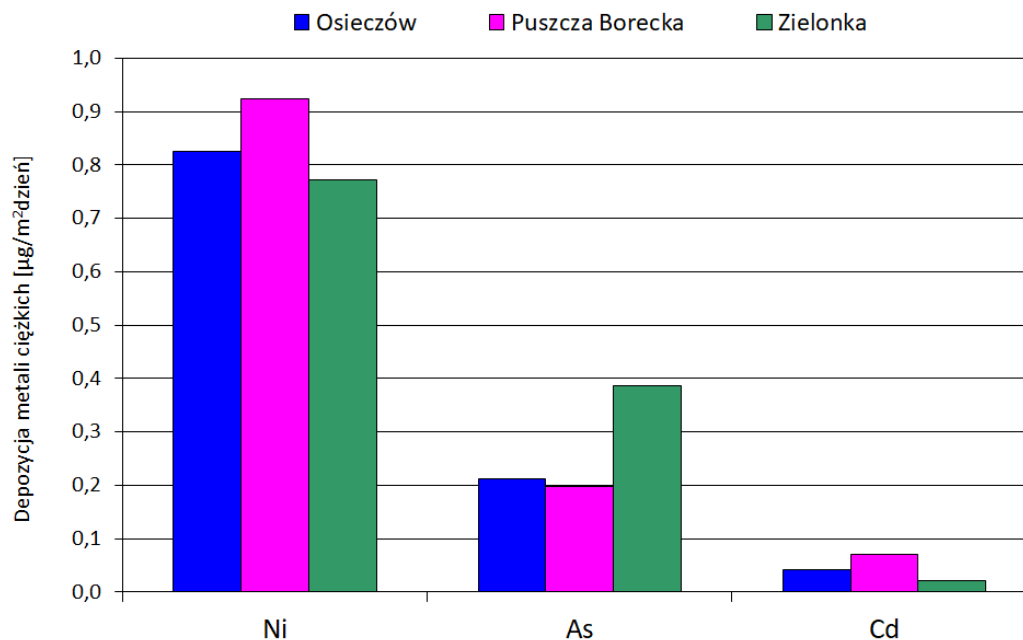
Dla badanych metali ciężkich na ogół nie stwierdzono trendów zmian wskaźników depozycji w okresie 2010-2025, poza arsenem i kadmem w Osieczowie, gdzie zarysowały się trendy malejące o małej (As) i średniej (Cd) istotności statystycznej. Tendencję wzrostową stwierdzono dla wskaźników depozycji niklu na stacjach Puszcza Borecka i Zielonka. Dla wskaźnika depozycji niklu w Osieczowie żadnej tendencji zmian nie odnotowano ($Z=0$). Tendencję malejącą, a dla Osieczowa nawet słaby trend, wykryto dla wskaźników depozycji kadmu. W przypadku wskaźników depozycji arsenu zaznaczył się bardzo mało istotny trend malejący w Osieczowie, nieznaczna tendencja malejąca w Puszczy Boreckiej i nieznaczna tendencja wzrostowa w Zielonce.



Rys. 6.5.2. Trendy i tendencje zmian wskaźników depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2025 [dla Zielonki 2011-2025] (źródło danych: PMŚ)

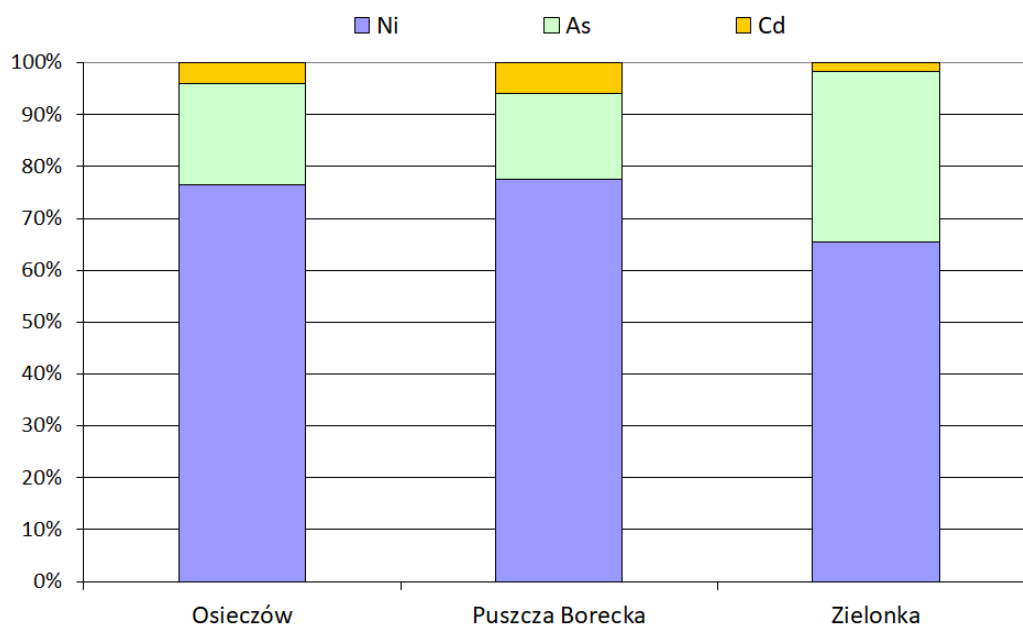
Spośród badanych metali ciężkich największe wskaźniki depozycji odnotowano w roku 2025 dla niklu w Puszczy Boreckiej i Osieczowie, przy czym przewaga niklu nad innymi metalami zaznaczyła się wyraźnie. Warto zauważyć, że w Osieczowie w latach 2016 i 2017 dominował arsen. Na kolejnych miejscach pod względem wielkości wskaźnika znalazł się nikiel i – z niższą wartością – arsen w Zielonce. Na wszystkich trzech stacjach najmniejszy był wskaźnik depozycji kadmu – najwyższy w Puszczy Boreckiej, niższy w Osieczowie, a najniższy w Zielonce (Rys. 6.5.3).

W roku 2025 największe ilości metali ciężkich zostały zdeponowane na stacjach Puszcza Borecka i Zielonka. W latach wcześniejszych największe ilości metali ciężkich docierały do powierzchni ziemi na stacji Osieczów. Różnice między wartościami wskaźników depozycji poszczególnych metali były mniejsze od obserwowanych na początku analizowanego okresu.



Rys. 6.5.3. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

W 2025 roku na stacjach tła regionalnego kolejność wielkości wskaźników depozycji badanych metali ciężkich była następująca: najwięcej było niklu, mniej arsenu, a najmniej kadmu, przy czym na wszystkich stacjach udział niklu w sumie zdeponowanych metali ciężkich był zbliżony (najmniejszy w Zielonce) (Rys. 6.5.4).



Rys. 6.5.4. Udział poszczególnych metali ciężkich w depozycji na stacjach tła regionalnego w 2025 roku (źródło danych: PMS)

W 2025 roku nikiel stanowił w Puszczy Boreckiej 78%, w Osieczowie 76%, w Zielonce 65% oznaczonych metali, arsen – 33% w Zielonce, 20% w Osieczowie i 17% w Puszczy Boreckiej, a kadm 6% w Puszczy Boreckiej, 4% w Osieczowie i 2% w Zielonce. Taką kolejność metali ciężkich w Osieczowie notowano wcześniej, poza latami 2010, 2011, 2016 i 2017, gdy wskaźniki dla arsenu były większe niż dla niklu. Na stacji Puszcza Borecka tylko w latach 2012, 2013 i 2023 odnotowano największy udział arsenu wśród oznaczanych metali. W Zielonce we wszystkich wcześniejszych latach na pierwszym miejscu był nikiel, na drugim arsen, a na trzecim kadm, a tylko w 2017 roku nastąpiła zamiana miejsc pomiędzy arsenem i niklem, co nie powtórzyło się w kolejnych latach.

6.5.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

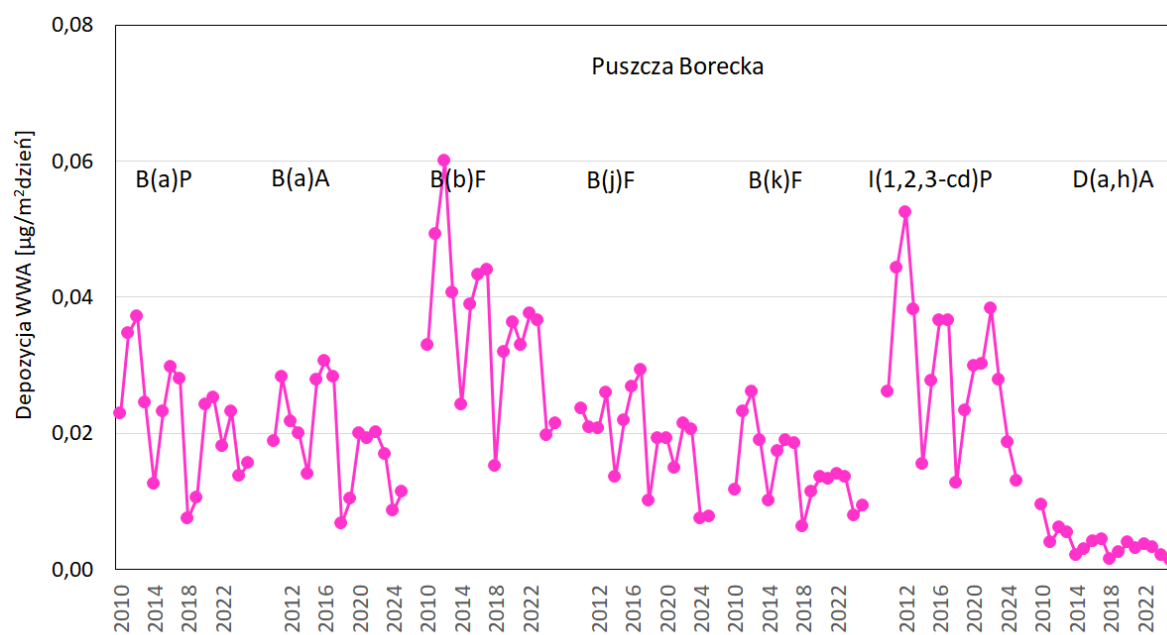
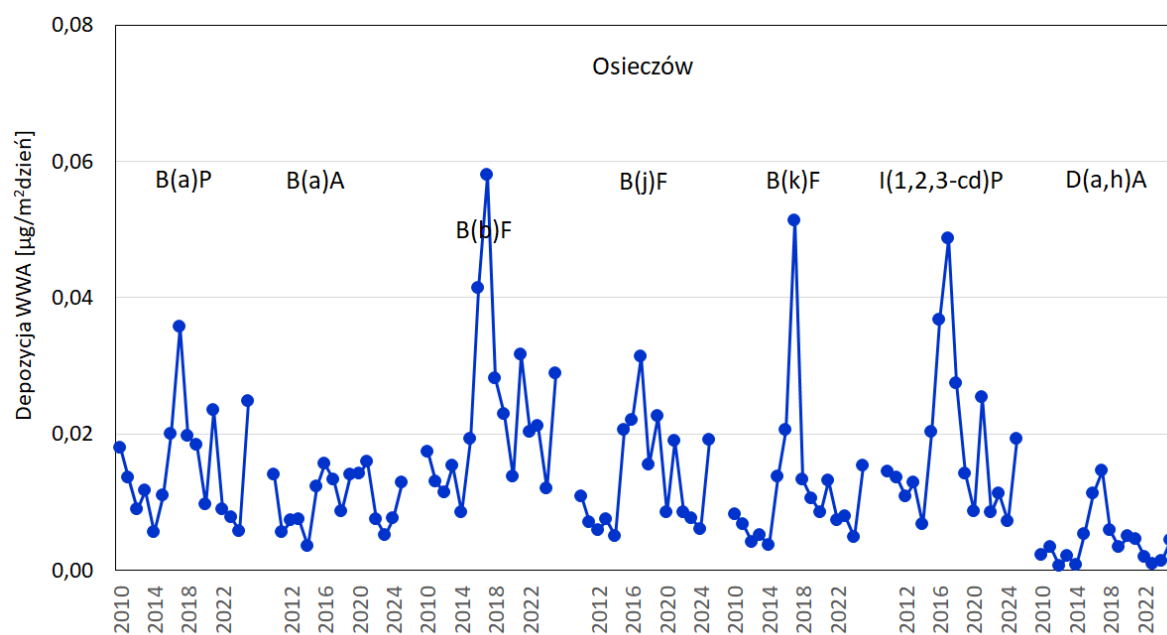
Wartości wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych dla lat 2010-2025 przedstawiono w Tab. 6.5.4.

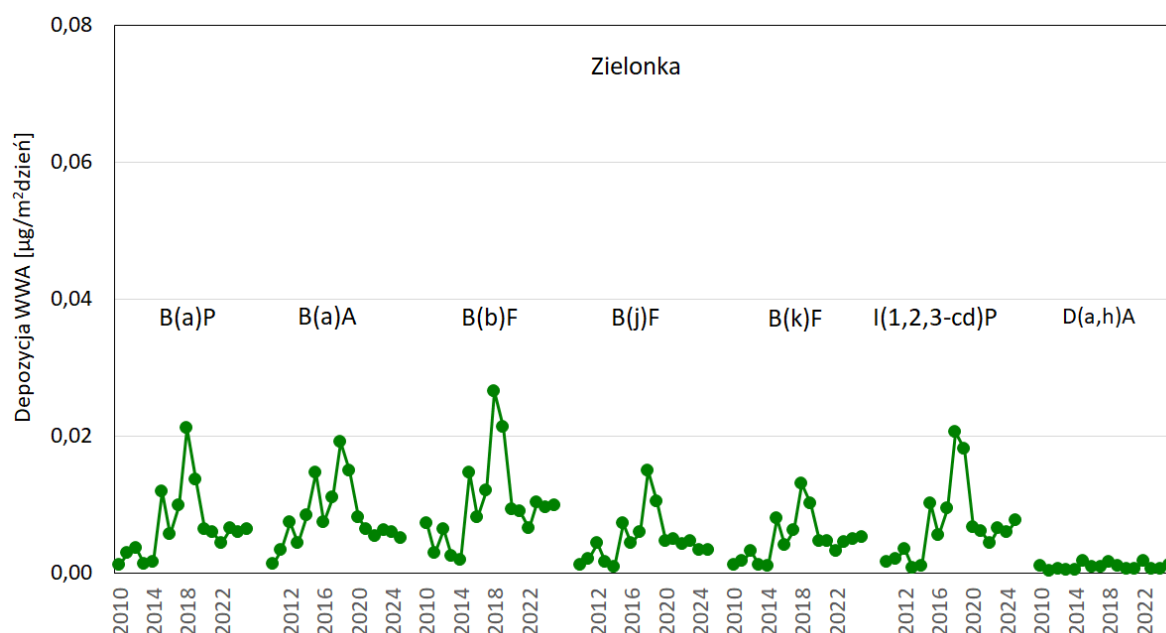
Tab. 6.5.4. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2025 (źródło danych: PMS)

Rok	Stacja	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3-cd)P	D(a,h)A
		[µg/m ² dzień]						
2010	Osieczów	0,018	0,014	0,017	0,011	0,008	0,014	0,002
	Puszcza Borecka	0,023	0,019	0,033	0,024	0,012	0,026	0,010
	Zielonka	0,001	0,001	0,007	0,001	0,001	0,002	0,001
2011	Osieczów	0,014	0,005	0,013	0,007	0,007	0,014	0,003
	Puszcza Borecka	0,035	0,028	0,049	0,021	0,023	0,044	0,004
	Zielonka	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,000
2012	Osieczów	0,009	0,007	0,011	0,006	0,004	0,011	0,001
	Puszcza Borecka	0,037	0,022	0,060	0,021	0,026	0,052	0,006
	Zielonka	0,004	0,007	0,006	0,004	0,003	0,004	0,001
2013	Osieczów	0,012	0,007	0,015	0,007	0,005	0,013	0,002
	Puszcza Borecka	0,025	0,020	0,041	0,026	0,019	0,038	0,005
	Zielonka	0,001	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001	0,0004
2014	Osieczów	0,006	0,004	0,008	0,005	0,004	0,007	0,001
	Puszcza Borecka	0,013	0,014	0,024	0,014	0,010	0,016	0,002
	Zielonka	0,002	0,008	0,002	0,001	0,001	0,001	0,0004
2015	Osieczów	0,011	0,012	0,019	0,021	0,014	0,020	0,005
	Puszcza Borecka	0,023	0,028	0,039	0,022	0,017	0,028	0,003
	Zielonka	0,012	0,015	0,015	0,007	0,008	0,010	0,002
2016	Osieczów	0,020	0,016	0,041	0,022	0,021	0,037	0,011
	Puszcza Borecka	0,030	0,031	0,043	0,027	0,019	0,037	0,004
	Zielonka	0,006	0,007	0,008	0,004	0,004	0,005	0,001
2017	Osieczów	0,036	0,013	0,058	0,031	0,051	0,049	0,015
	Puszcza Borecka	0,028	0,028	0,044	0,029	0,019	0,037	0,004
	Zielonka	0,010	0,011	0,012	0,006	0,006	0,009	0,001
2018	Osieczów	0,020	0,009	0,028	0,015	0,013	0,027	0,006

Rok	Stacja	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3-cd)P	D(a,h)A
		[µg/m ² dzień]						
	Puszcza Borecka	0,007	0,007	0,015	0,010	0,006	0,013	0,001
	Zielonka	0,021	0,019	0,026	0,015	0,013	0,020	0,002
	Osieczów	0,018	0,014	0,023	0,023	0,010	0,014	0,003
2019	Puszcza Borecka	0,011	0,010	0,032	0,019	0,011	0,023	0,003
	Zielonka	0,014	0,015	0,021	0,010	0,010	0,018	0,001
	Osieczów	0,010	0,014	0,014	0,008	0,008	0,009	0,005
2020	Puszcza Borecka	0,024	0,020	0,036	0,019	0,014	0,030	0,004
	Zielonka	0,006	0,008	0,009	0,005	0,005	0,007	0,001
	Osieczów	0,023	0,016	0,032	0,019	0,013	0,025	0,005
2021	Puszcza Borecka	0,025	0,019	0,033	0,015	0,013	0,030	0,003
	Zielonka	0,006	0,006	0,009	0,005	0,005	0,006	0,001
	Osieczów	0,009	0,007	0,020	0,008	0,007	0,008	0,002
2022	Puszcza Borecka	0,018	0,020	0,038	0,021	0,014	0,038	0,004
	Zielonka	0,004	0,005	0,007	0,004	0,003	0,004	0,002
	Osieczów	0,008	0,005	0,021	0,008	0,008	0,011	0,001
2023	Puszcza Borecka	0,023	0,017	0,037	0,021	0,014	0,028	0,003
	Zielonka	0,007	0,006	0,010	0,005	0,004	0,006	0,001
	Osieczów	0,006	0,008	0,012	0,006	0,005	0,007	0,001
2024	Puszcza Borecka	0,014	0,009	0,020	0,007	0,008	0,019	0,002
	Zielonka	0,006	0,006	0,009	0,003	0,005	0,006	0,001
	Osieczów	0,025	0,013	0,029	0,019	0,015	0,019	0,004
2025	Puszcza Borecka	0,016	0,011	0,021	0,008	0,009	0,013	0,001
	Zielonka	0,006	0,005	0,010	0,003	0,005	0,008	0,001
	Osieczów	0,014	0,010	0,022	0,013	0,012	0,018	0,004
średnia 2010- 2024	Puszcza Borecka	0,022	0,019	0,036	0,020	0,015	0,031	0,004
	Zielonka	0,007	0,008	0,010	0,005	0,005	0,007	0,001
	Osieczów	0,014	0,010	0,022	0,013	0,012	0,018	0,004

Zmiany wskaźników depozycji poszczególnych WWA z roku na rok w okresie 2010-2025 na każdej ze stacji przedstawiono na rysunku 6.5.5.





Rys. 6.5.5. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

Największe wartości wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych odnotowano w 2025 roku – inaczej niż w latach wcześniejszych – na stacji Osieczów, a wartości ze stacji Zielonka pozostały na najniższym poziomie. W początkowym okresie badań najwyższe wskaźniki obserwowano na stacji Puszcza Borecka, a różnice pomiędzy wartościami obserwowanymi na tej stacji i pozostałych były większe, w kolejnych latach zbliżały się do siebie wskutek spadków w Puszczy Boreckiej i wzrostów w Osieczowie i Zielonce.

Dla poszczególnych stacji określono względne zmiany wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i wysokości opadów w roku 2025 w stosunku do roku poprzedniego (Tab. 6.5.5). Zmiany wskaźników depozycji WWA w roku 2025 w stosunku do wartości z roku 2024 widać najmniej wyraźnie na stacji Zielonka, przy czym były to na ogół kilkuprocentowe wzrosty, poza D(a,h), dla którego wskaźnik depozycji był wyższy niż rok wcześniej o ponad 99% i B(a)A, dla którego wskaźnik był niższy o ponad 16%. Większe zmiany – rzędu kilkudziesięciu procent – dla poszczególnych węglowodorów widać na stacji Puszcza Borecka – od spadków o blisko 38% dla D(a,h)A i 30% dla I(1,2,3-cd)P do wzrostu o 33% dla B(a)A. W Osieczowie odnotowano znaczące wzrosty wskaźników depozycji wszystkich WWA, które wyniosły od ponad 68% dla B(a)A do 338% dla B(a)P.

Tab. 6.5.5. Względne zmiany wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w roku 2025 w stosunku do wartości z roku 2024 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3-cd)P	D(a,h)A	Wysokość opadu
	[%]							
Osieczów	338,2	68,2	142,5	216,1	223,5	169,7	233,0	26,5
Puszcza Borecka	13,9	32,8	8,6	4,1	18,4	-29,9	-37,9	21,0
Zielonka	6,4	-16,1	3,1	2,7	5,4	28,6	99,2	13,0

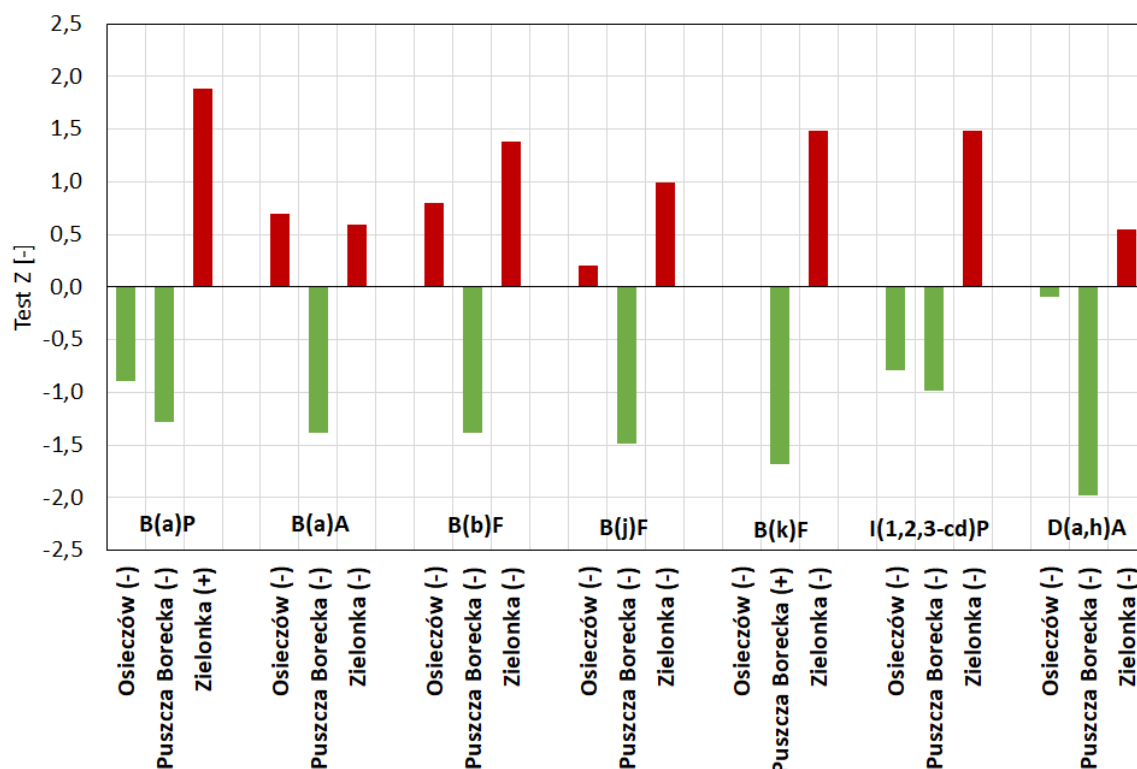
Dla poszczególnych stacji określono również względne zmiany wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i wysokości opadów w roku 2025 w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2024 (Tab. 6.5.6). Na dwóch stacjach – Osieczów i Zielonka – sumy opadów były w roku 2025 niższe od średnich, przy czym różnice względne wyniosły -6,5% w Osieczowie, -4,4% w Zielonce i 8,6% w Puszczy Boreckiej.

Tab. 6.5.6. Względne zmiany wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w 2025 roku w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2024 (źródło danych: PMS)

Stacja	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	I(1,2,3-cd)P	D(a,h)A	Wysokość opadu
	[%]							
Osieczów	70,7	27,2	29,8	44,8	29,2	8,1	5,1	-6,5
Puszcza Borecka	-30,4	-41,1	-40,9	-60,6	-37,7	-57,3	-66,3	-4,4
Zielonka	-5,8	-39,4	-0,5	-32,4	9,6	12,0	40,0	8,6

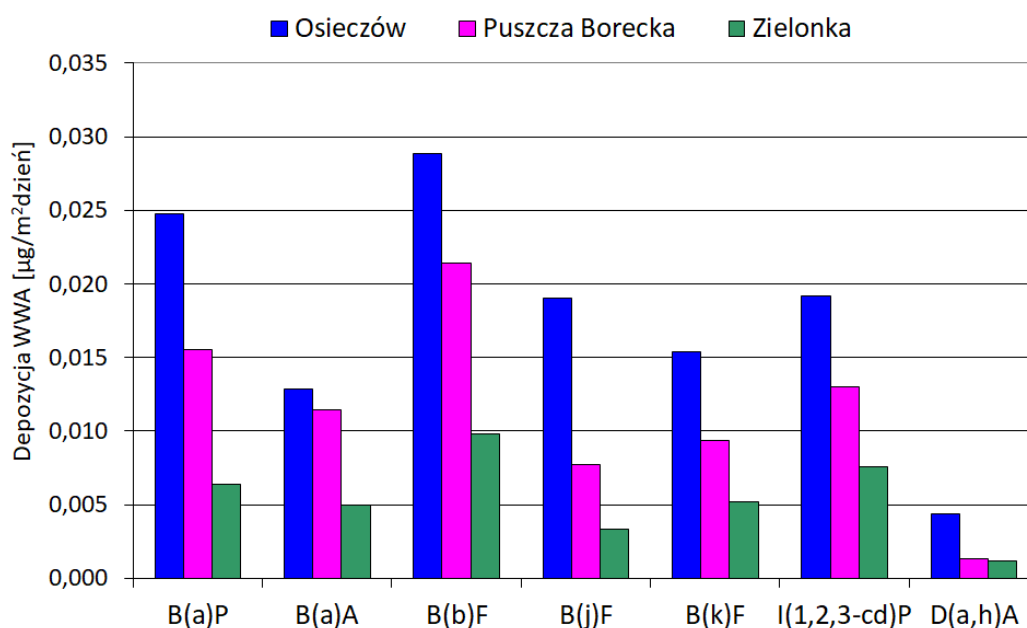
Na dwóch stacjach w północnej Polsce dla większości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych – poza B(k)F, I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A w Zielonce – wskaźniki depozycji w 2025 roku osiągnęły niższe wartości od średnich z wielolecia, przy czym większe zmiany można zauważyć na stacji w Puszczy Boreckiej niż w Zielonce. Spadki w Puszczy Boreckiej osiągnęły po kilkadziesiąt procent dla poszczególnych związków, przy czym największy dotyczył D(a,h)A (66%), a najmniejszy B(a)P (30%). Spadki w Zielonce wyniosły od 0,5% dla B(b)F do 39% dla B(A)A, a wzrosty od 10% dla B(k)F do 40% dla D(a,h)A. W Osieczowie miały miejsce wzrosty wskaźników depozycji wszystkich WWA – od 5% dla D(a,h)A do blisko 71% dla B(a)P.

Analiza wykazała brak znaczących trendów dla wskaźników depozycji WWA na wszystkich stacjach, poza wskaźnikiem dla benzo(a)pirenu w Zielonce (trend rosnący o niewielkiej istotności) oraz benzo(k)fluorantenu w Puszczy Boreckiej (trend malejący o niewielkiej istotności). W Zielonce zarysowały się tendencje rosnące dla wszystkich badanych węglowodorów, zaś w Osieczowie dla trzech: benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu i benzo(j)fluorantenu; w Puszczy Boreckiej widoczne są tendencje i trendy malejące dla wszystkich składników (Rys. 6.5.6).



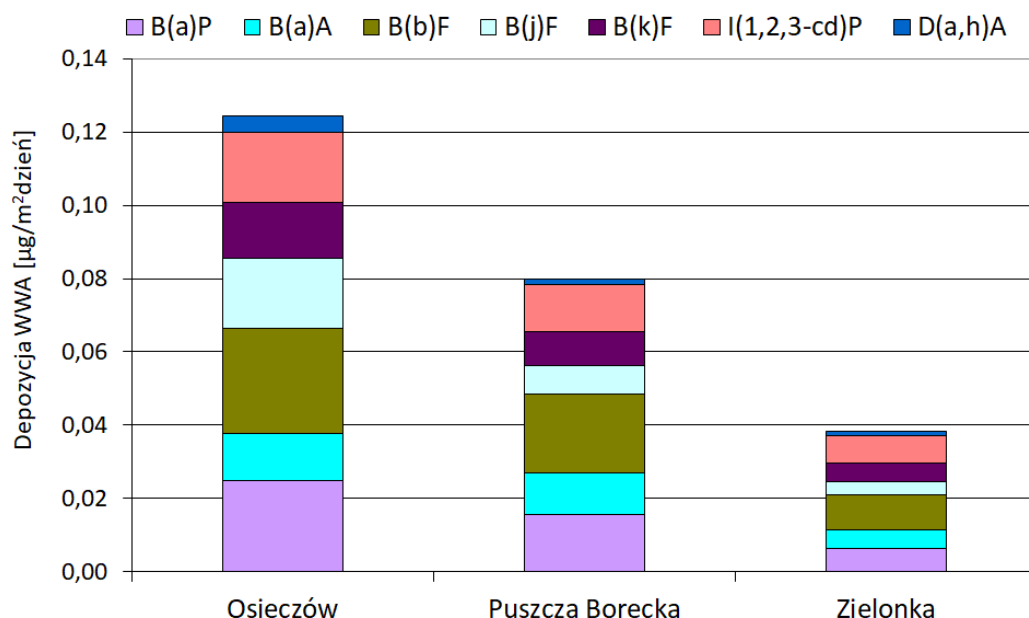
Rys. 6.5.6. Trendy i tendencje zmian wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2025 (źródło danych: PMŚ)

Spośród badanych WWA największe wskaźniki depozycji stwierdzono w roku 2025 dla benzo(b)fluorantenu, benzo(a)pirenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu na stacji Osieczów. Na wszystkich trzech stacjach najmniej był wskaźnik depozycji dibenzo(a,h)antracenu. Sytuację tę ilustruje rysunek 6.5.7.



Rys. 6.5.7. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

Wskaźniki depozycji wszystkich WWA były w 2024 roku najwyższe w Osieczowie, niższe w Puszczy Boreckiej, a najniższe w Zielonce (Rys. 6.5.7 i 6.5.8). W minionych latach najwyższe wskaźniki obserwowano w Puszczy Boreckiej, niższe w Osieczowie, a najniższe w Zielonce, przy czym różnice między stacjami były większe.



Rys. 6.5.8. Wartości wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

Pomimo różnic wskaźników depozycji węglowodorów na poszczególnych stacjach tła regionalnego udziały każdego ze związków w sumie oznaczanych WWA nie odbiegały znacząco od siebie pomiędzy stacjami. B(b)F to składnik, którego było najwięcej na każdej ze stacji – miał on 23% udziału w depozycji WWA na stacji Osieczów, 25% na stacji Zielonka i 27% na stacji Puszcza Borecka. Kolejne były B(a)P z udziałem 20% w Osieczowie, 19% w Puszczy Boreckiej i 17% w Zielonce oraz I(1,2,3-cd)P z udziałem 20% Zielonce, 16% w Puszczy Boreckiej i 15% w Osieczowie. Udział każdego z pozostałych składników (poza D(a,h)A) w sumie WWA wyniósł od 9 do 15%. Najmniejszy na wszystkich stacjach był udział D(a,h)A – 2% w Puszczy Boreckiej, 3% w Zielonce i 4% w Osieczowie.

W tabeli 6.5.7 przedstawiono kolejność poszczególnych WWA – od występującego w największej ilości do występującego w najmniejszej ilości – dla każdej ze stacji. Na pierwszym miejscu na wszystkich trzech stacjach występował ten sam związek - benzo(b)fluoranten, a na drugim i trzecim miejscu były benzo(a)piren i indeno(1,2,3-cd)piren; na kolejnych miejscach na poszczególnych stacjach wymieniały się: benzo(a)antracen, benzo(j)fluoranten i benzo(k)antracen. Listę zamyka na wszystkich stacjach dibenzo(a,h)antracen.

Tab. 6.5.7. Kolejność poszczególnych WWA na stacjach tła regionalnego według wielkości wskaźników depozycji w 2025 roku (źródło danych: PMŚ)

Osieczów	B(b)F	B(a)P	I(1,2,3-cd)P	B(j)F	B(k)F	B(a)A	D(a,h)A
Puszcza Borecka	B(b)F	B(a)P	I(1,2,3-cd)P	B(a)A	B(k)F	B(j)F	D(a,h)A
Zielonka	B(b)F	I(1,2,3-cd)P	B(a)P	B(k)F	B(a)A	B(j)F	D(a,h)A

Depozycja jest kształtowana zarówno przez wysokość opadów, jak i przez stężenia zanieczyszczeń. Dla WWA można zaobserwować bardzo wyraźną przewagę depozycji w sezonie chłodnym nad depozycją w sezonie ciepłym, co odzwierciedla znaczące różnice stężeń WWA w sezonie chłodnym (większe) i ciepłym (dużo mniejsze).

7. Ocena zanieczyszczenia powietrza na tle wyników z innych krajów

W niniejszym rozdziale przedstawiono podsumowanie wyników oceny jakości powietrza na polskich stacjach tła pozamiejskiego i regionalnego na tle wyników pomiarów prowadzonych na stacjach pozamiejskich tła w Europie. Analizami objęto okres 2010-2024 z uwzględnieniem wszystkich analizowanych w niniejszym opracowaniu zanieczyszczeń. Podstawą wykonania oceny były wyniki pomiarów stężeń oraz wskaźników depozycji zgromadzonych w bazie e-reporting Europejskiej Agencji Środowiska.

W ocenie uwzględniono wszystkie stacje pozamiejskie tła oraz tła regionalnego funkcjonujące w analizowanym okresie w Europie (dalej używa się określenia "stacje pozamiejskie tła"). Nie uwzględniono stacji miejskich (urban), podmiejskich (suburban) oraz komunikacyjnych (traffic) i zlokalizowanych w strefie bezpośredniego oddziaływania źródeł emisji (industrial).

W przypadku przedstawienia wyników analiz dla poszczególnych krajów, w celu odróżnienia stężeń średnich rocznych uzyskanych dla pojedynczych stacji od wartości uśrednionych dla poszczególnych krajów, dalej używa się określenia "obszar tła pozamiejskiego", jako charakterystyki krajowej.

7.1. Zanieczyszczenia zawarte w pył zawieszonym PM10

W poniższym rozdziale przedstawiono ocenę stopnia zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM10 oraz zawartymi w nim metalami ciężkimi i wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi (WWA) w Europie w latach 2010-2024 na stacjach pozamiejskich tła. Analizy przedstawiono zarówno w skali poszczególnych krajów, jak i dla pojedynczych stanowisk pomiarowych, ze wskazaniem wyników pomiarów uzyskanych na stacjach tła regionalnego w Polsce.

7.1.1. Pył zawieszony PM10

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM10 w Europie w 2024 roku przeprowadzono na podstawie wyników pomiarów pochodzących z 448 stacji pozamiejskich tła (spełniających kryteria selekcji danych opisane w rozdziale 2), funkcjonujących na terenie 33 krajów europejskich (Tab. 7.1.1 i Rys. 7.1.1). Najwięcej stacji tego typu zlokalizowanych było we Włoszech oraz Niemczech (powyżej 60 stacji w każdym z krajów) oraz w Hiszpanii (59 stanowisk) i Czechach (45). Tylko w tych czterech krajach zlokalizowana była ponad połowa wszystkich stacji tła pozamiejskiego w Europie (nieco ponad 53%). W 7 krajach (Cypr, Estonia, Kosowo, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Malta, Serbia) ocenę wykonano w oparciu o wyniki pomiarów pochodzących tylko z 1 stacji. Wartości obliczonych parametrów statystycznych dla poszczególnych krajów przedstawiono w Tab. 7.1.1.

Uzyskane wyniki uśrednione dla danego kraju na obszarach tła pozamiejskiego pokazują, że średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM10 w Polsce w 2024 roku ($17,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) znajdowało się wśród poziomów powyżej obliczonej średniej dla Europy ($13,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wyższe niż dla Polski wartości uzyskano dla 7 krajów. Najwyższe stężenia w Europie, przekraczające $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, uzyskano dla Bośni i Hercegowiny, Turcji i Grecji. Najniższe wartości średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM10, nie przekraczające $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$,

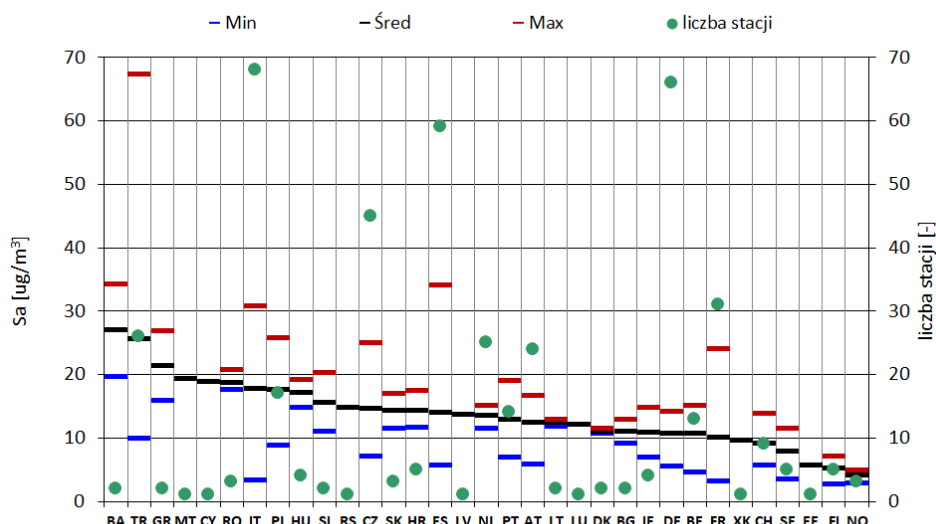
zaobserwowano dla krajów skandynawskich, tj. Norwegii, Finlandii, Estonii i Szwecji począwszy od najniższych stężeń (Tab. 7.1.1, Rys. 7.1.1).

W 2024 roku, na stacjach pozamiejskich tła w Europie, przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej określonej w celu ochrony zdrowia zanotowano tylko na 3 stacjach tureckich. Na 14 stacjach tła regionalnego zlokalizowanych w 5 krajach, w 2024 roku zanotowano przekroczenie dobowej wartości dopuszczalnej. Taka sytuacja dotyczyła 5 stacji funkcjonujących w Turcji i we Włoszech, dwóch stacji w Hiszpanii i po jednej stacji zlokalizowanej w Bośni i Hercegowinie oraz Francji (Tab. 7.1.1).

Tab. 7.1.1. Stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2024 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

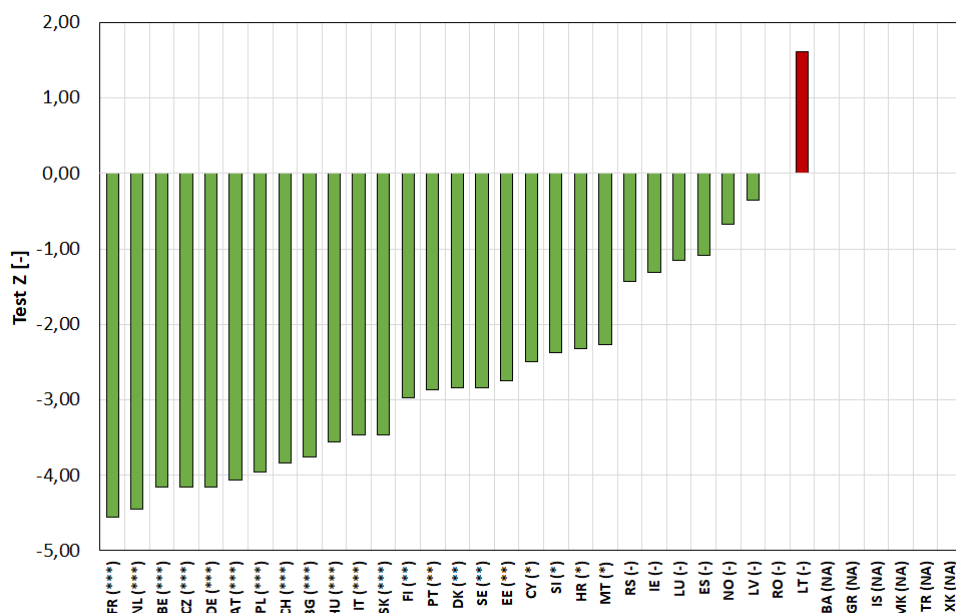
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła			Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie D24	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Maks
	[-]	[-]	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	24	0	0	5,9	12,5	16,7
BA	2	1	0	19,7	27,0	34,3
BE	13	0	0	4,7	10,8	15,1
BG	2	0	0	9,2	11,0	12,9
CH	9	0	0	5,7	9,3	13,8
CY	1	0	0	18,9	18,9	18,9
CZ	45	0	0	7,2	14,7	25,1
DE	66	0	0	5,5	10,8	14,3
DK	2	0	0	10,8	11,1	11,5
EE	1	0	0	5,8	5,8	5,8
ES	59	2	0	5,7	14,1	34,1
FI	5	0	0	2,8	5,3	7,2
FR	31	1	0	3,3	10,2	24,1
GR	2	0	0	15,9	21,4	26,9
HR	5	0	0	11,7	14,3	17,6
HU	4	0	0	14,8	17,2	19,3
IE	4	0	0	7,1	10,9	14,8
IT	68	5	0	3,3	17,9	30,9
LT	2	0	0	11,9	12,4	12,9
LU	1	0	0	12,2	12,2	12,2
LV	1	0	0	13,7	13,7	13,7
MT	1	0	0	19,3	19,3	19,3
NL	25	0	0	11,5	13,5	15,1
NO	3		0	2,9	4,2	4,9
PL ^{*)}	17	0	0	8,9	17,6	25,8
PT	14	0	0	7,0	12,9	19,1
RO	3	0	0	17,6	18,8	20,8
RS	1	0	0	14,8	14,8	14,8
SE	5	0	0	3,6	7,9	11,5
SI	2	0	0	11,0	15,7	20,3
SK	3	0	0	11,5	14,4	17,0
TR	26	5	3	10,0	25,6	67,4
XK	1	0	0	9,6	9,6	9,6
Europa	448	14	3	2,8	13,8	67,4

*) Stacje: Belsk, Borowiec-Drapalka, Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Czerniawa, Florianka RPN, Gajew, Gołuchów Ujęcie Wody, Godów, Guty Duże, KMŚ Puszcza Borecka, Konieczynka, Osieczów, Parzniewice, Smolary Bytnickie, Szymbark, Złoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.1.1. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2024 (źródło danych: EAŚ)

Przeprowadzona analiza statystyczna trendów zmian stężeń pyłu zawieszonego PM10 w okresie 2010-2024 w poszczególnych krajach Europy w praktyce wskazuje na zauważalne istotne statystycznie spadki. Taka sytuacja dotyczy 21 spośród 29 krajów, dla których możliwe było obliczenie trendu. Najwyższe istotności statystyczne spadków stężeń obserwuje się kolejno (od najbardziej istotnych) dla: Francji, Holandii, Belgii, Czech, Niemiec, Austrii, Polski, Szwajcarii, Bułgarii, Węgier, Włoch i Słowacji. Dla 6 krajów się nieistotne statystycznie tendencje malejące stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10, przy braku tendencji dla Rumuni. Wyjątek stanowi Litwa z nieistotną statystycznie tendencją rosnącą (Rys. 7.1.2).



Rys. 7.1.2. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

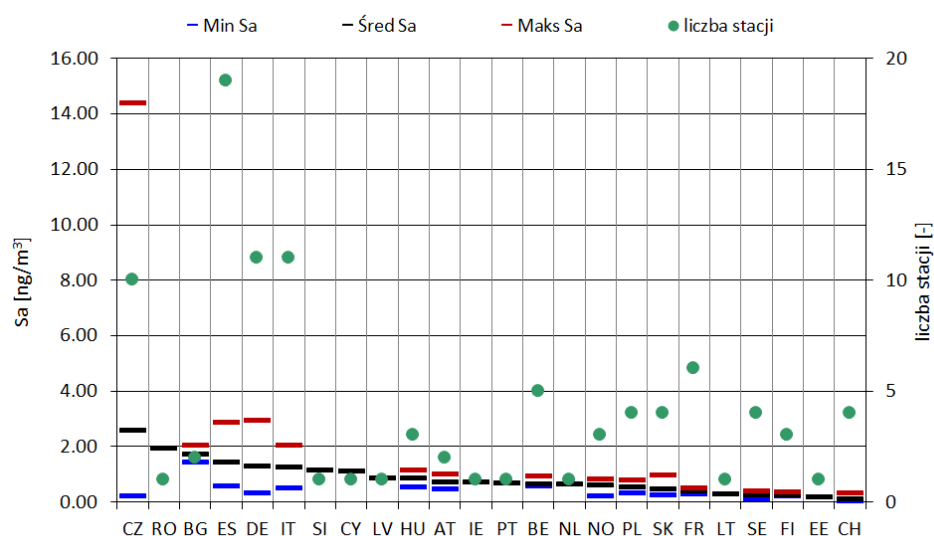
Organic synthesis of organometallic compounds (Ag, Cd, Ni, Pb) and their use in the

Wartości parametrów statystycznych analizowanych metali ciężkich zawartych w pyłe

Tab. 7.1.2. Stężenia średnie roczne dla Ni oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	2	0,434	0,702	0,970
BE	5	0,541	0,630	0,920
BG	2	1,392	1,700	2,007
CH	4	0,000	0,075	0,300
CY	1	1,081	1,081	1,081
CZ	10	0,201	2,537	14,375
DE	11	0,309	1,279	2,899
EE	1	0,140	0,140	0,140
ES	19	0,540	1,414	2,844
FI	3	0,178	0,231	0,318
FR	6	0,269	0,370	0,468
HU	3	0,524	0,821	1,108
IE	1	0,698	0,698	0,698
IT	11	0,477	1,223	2,015
LT	1	0,252	0,252	0,252
LV	1	0,848	0,848	0,848
NL	1	0,627	0,627	0,627
NO	3	0,170	0,596	0,809
PL ^{*)}	4	0,277	0,513	0,774
PT	1	0,650	0,650	0,650
RO	1	1,907	1,907	1,907
SE	4	0,084	0,240	0,348
SI	1	1,127	1,127	1,127
SK	4	0,213	0,445	0,940
Europa	100	0,000	0,838	14,375

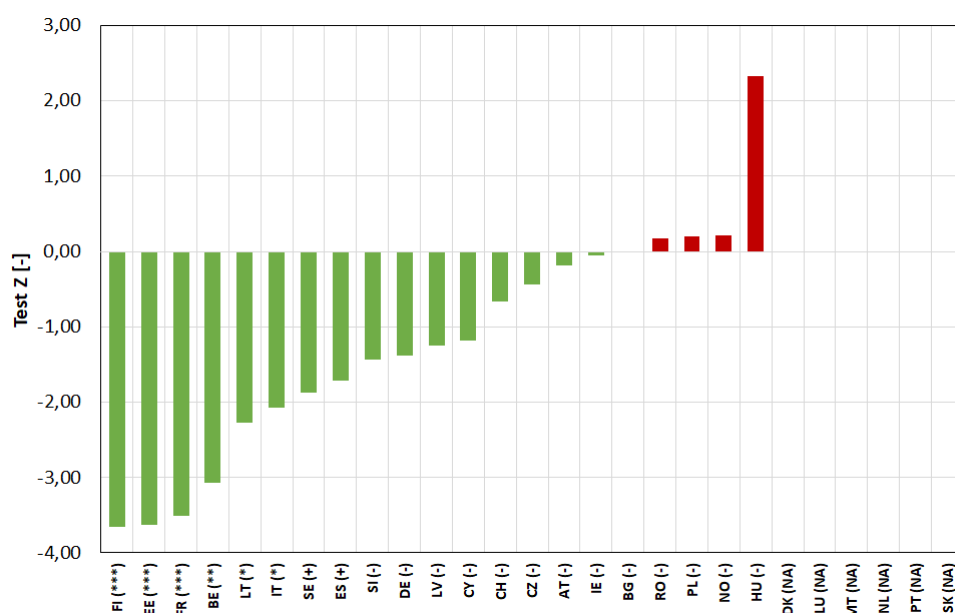
*) Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.4. Wartości stężeń średnich rocznych dla Ni w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Uzyskane w 2024 roku wyniki stężeń średnich rocznych niklu zawartego w pyłe zawieszonym PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w poszczególnych krajach Europy pokazują, że spośród 24 państw, na obszarze których wykonywano oznaczenia tego metalu, średnie stężenie w Polsce znajduje się poniżej wartości średniego stężenia w Europie. Wyższe stężenia niż dla Polski zaobserwowano dla 16 krajów, w tym dla Czech (najwyższe w Europie), Rumunii i Bułgarii. Warto zauważyć bardzo dużą rozpiętość stężeń na stacjach w Czechach, Estonii, Niemczech i Włoszech. Najniższe średnie stężenie Ni w pyłe zawieszonym PM10 w 2024 roku odnotowano w przypadku Szwajcarii i Estonii (pomiar na jednej stacji) - Tab. 7.1.2, Rys. 7.1.4.

Analiza trendów stężeń średnich rocznych Ni oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 w krajach europejskich w okresie 2010-2024, przeprowadzona dla 21 krajów, dla których można było wykonać testy statystyczne, pokazuje generalne spadki dla 16 krajów. Wyjątek stanowią Rumunia, Polska, Norwegia i Węgry, dla których obserwuje się nieistotne statystycznie wzrosty. Dla 8 krajów obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące w okresie 2010-2024, najbardziej zauważalne i o najwyższej istotności dotyczą Finlandii, Estonii i Francji. Dla 8 krajów obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące (Rys. 7.1.4).



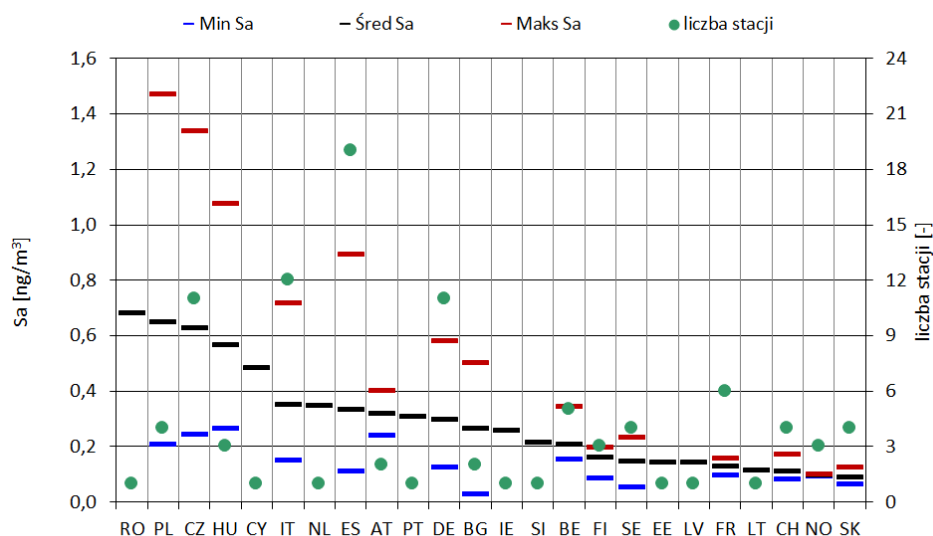
Rys. 7.1.5. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Ni w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

W przypadku arsenu oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10, uśrednione stężenie dla Polski na obszarach tła pozamiejskiego w 2024 roku było jednym z najwyższych wśród analizowanych 24 analizowanych krajów Europy, gdzie wykonywano oznaczenia tego metalu w pyłe zawieszonym. Wyższą wartość niż w Polsce uzyskano tylko w przypadku Rumunii. Podobne jak w Polsce stężenia Ni uzyskano dla Czech, przy bardzo zbliżonych rozpiętościach stężeń na pojedynczych stanowiskach pomiarowych. Najniższe stężenia średnie roczne As oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 zaobserwowano dla Słowacji i Norwegii (Tab. 7.1.3, Rys. 7.1.6).

Tab. 7.1.3. Stężenia średnie roczne dla As oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

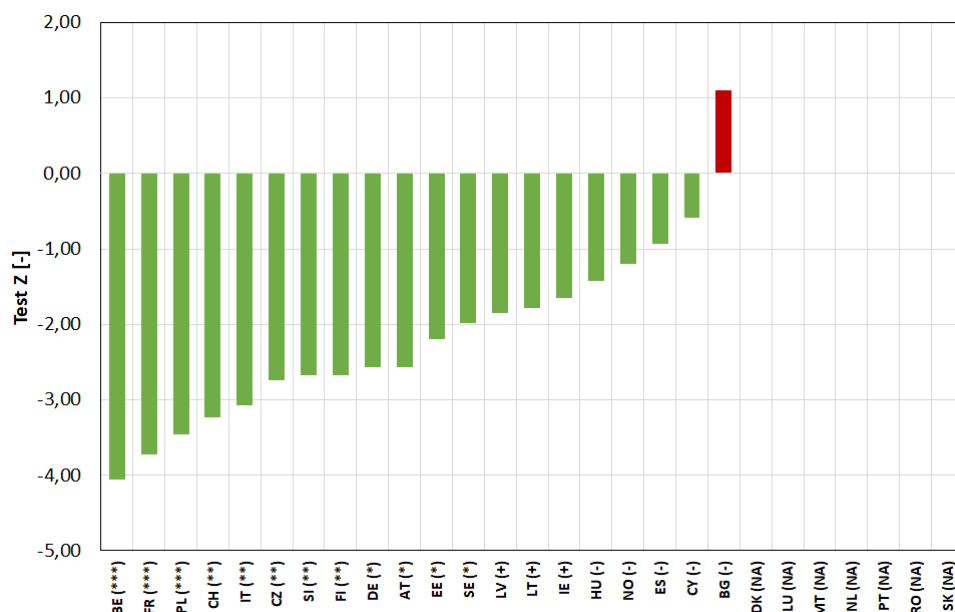
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	2	0,236	0,318	0,400
BE	5	0,151	0,205	0,341
BG	2	0,024	0,262	0,500
CH	4	0,080	0,110	0,170
CY	1	0,483	0,483	0,483
CZ	11	0,241	0,625	1,335
DE	11	0,123	0,295	0,577
EE	1	0,142	0,142	0,142
ES	19	0,108	0,332	0,891
FI	3	0,083	0,157	0,196
FR	6	0,093	0,125	0,154
HU	3	0,263	0,563	1,072
IE	1	0,256	0,256	0,256
IT	12	0,146	0,350	0,715
LT	1	0,112	0,112	0,112
LV	1	0,142	0,142	0,142
NL	1	0,344	0,344	0,344
NO	3	0,090	0,092	0,097
PL ^{*)}	4	0,206	0,645	1,468
PT	1	0,304	0,304	0,304
RO	1	0,680	0,680	0,680
SE	4	0,051	0,146	0,232
SI	1	0,212	0,212	0,212
SK	4	0,062	0,088	0,122
Europa	102	0,024	0,291	1,468

*) Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.6. Wartości stężeń średnich rocznych As w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych As oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach w okresie 2010-2024 (przeprowadzenie testów statystycznych możliwe było dla 20 krajów) wskazuje na generalne spadki dla wszystkich krajów z wyjątkiem Bułgarii, dla której zaobserwowano nieistotną statystycznie tendencję rosnącą. Istotne statystycznie trendy malejące zaobserwowano dla 15 krajów, najbardziej znaczące w przypadku Belgii, Francji i Polski (Rys. 7.1.7).



Rys. 7.1.7. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych As w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

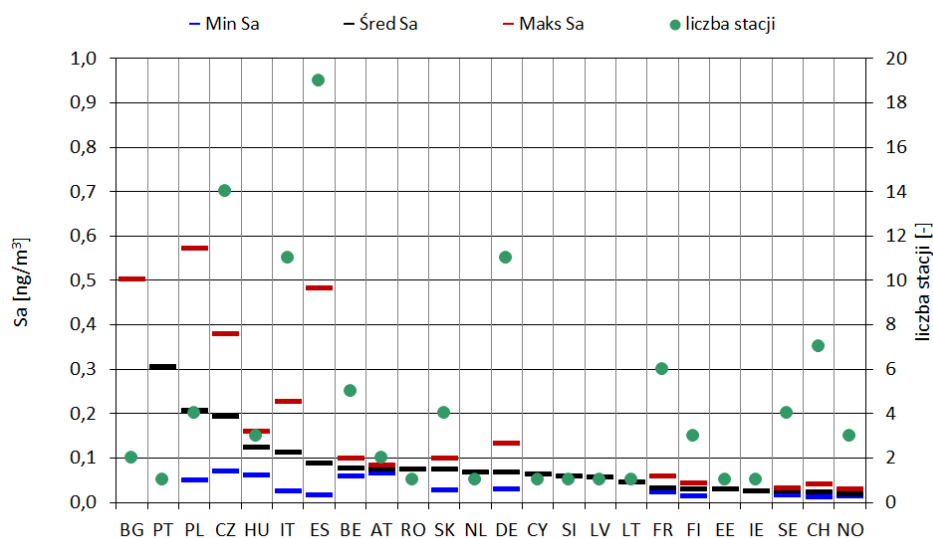
Przeprowadzona analiza dla 24 rozważanych krajów europejskich wskazuje, że w przypadku Polski, stężenie średnie roczne kadmu oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 było na jednym z najwyższych poziomów w Europie. Wyższe niż dla Polski stężenia uzyskano dla Bułgarii i Portugalii. Najniższe stężenia Cd oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 obserwowano dla Norwegii oraz Szwajcarii (Tab. 7.1.4, Rys. 7.1.8).

Tab. 7.1.4. Stężenia średnie roczne dla Cd oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min [ng/m ³]	Średnia [ng/m ³]	Maks [ng/m ³]
AT	2	0,064	0,074	0,083
BE	5	0,058	0,075	0,097
BG	2	0,500	0,500	0,500
CH	7	0,010	0,021	0,040
CY	1	0,062	0,062	0,062
CZ	14	0,068	0,191	0,378
DE	11	0,028	0,065	0,131
EE	1	0,027	0,027	0,027
ES	19	0,015	0,087	0,480

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
FI	3	0,013	0,029	0,041
FR	6	0,022	0,031	0,058
HU	3	0,059	0,122	0,159
IE	1	0,024	0,024	0,024
IT	11	0,024	0,111	0,225
LT	1	0,043	0,043	0,043
LV	1	0,054	0,054	0,054
NL	1	0,066	0,066	0,066
NO	3	0,013	0,018	0,027
PL ^{*)}	4	0,048	0,205	0,570
PT	1	0,304	0,304	0,304
RO	1	0,073	0,073	0,073
SE	4	0,014	0,024	0,031
SI	1	0,058	0,058	0,058
SK	4	0,025	0,073	0,098
Europa	107	0,010	0,097	0,570

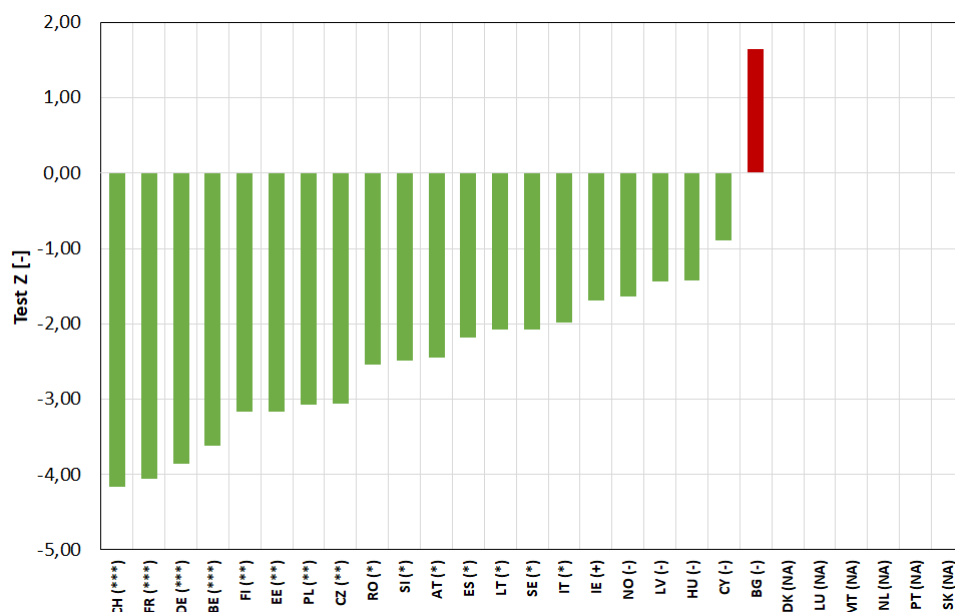
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMS Puszcz Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.8. Wartości stężeń średnich rocznych dla Cd w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAS)

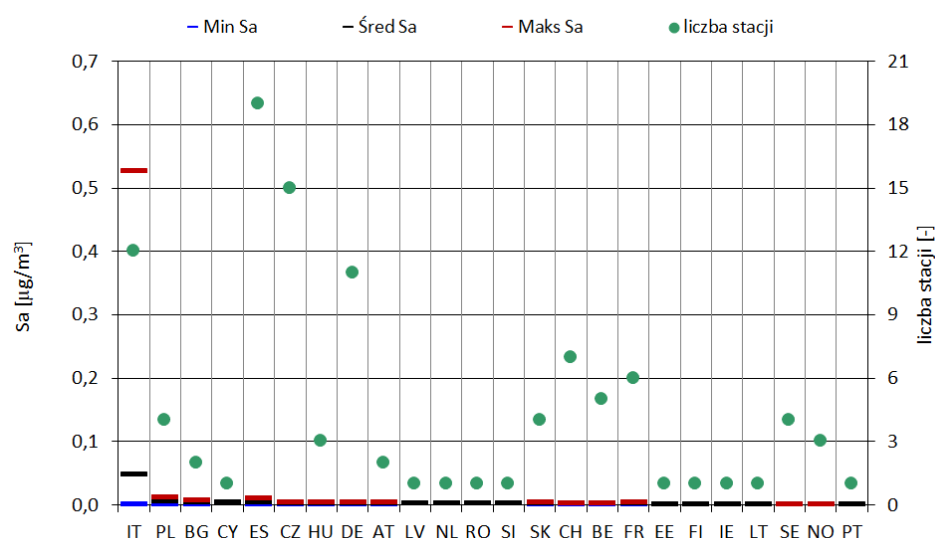
Podobnie jak w przypadku arsenu, analiza zmienności stężeń średnich rocznych Cd oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 obliczonych dla poszczególnych krajów europejskich w okresie 2010-2024 (analizy przeprowadzono dla 21 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych), wskazuje na spadki, z wyjątkiem Bułgarii (dla której obserwuje się nieistotny statystycznie wzrost). Dla 16 krajów odnotowano istotne statystycznie trendy malejące, najbardziej wyraźnie zarysowane i o największej istotności dla Szwajcarii, Francji, Niemiec i Belgii. W przypadku Polski obserwuje się istotny statystycznie

trend malejący podobny jak w przypadku Estonii i Czech. Dla 4 krajów zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje spadkowe w okresie 2010-2024 (Rys. 7.1.9).



Rys. 7.1.9. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Cd w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

W przypadku stężeń ołowiu oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10, uśrednionych na obszarach tła pozamiejskiego w poszczególnych krajach Europy w 2024 roku, wśród 24 analizowanych krajów, gdzie prowadzono pomiary tego metalu, stężenie średnie roczne ołowiu w Polsce było na poziomie jednym z najwyższych w Europie. Nieznacznie wyższe niż w Polsce stężenie obserwowano jedynie w przypadku Włoch. Najniższe wartości w 2024 roku uzyskano dla Portugalii, Norwegii i Szwecji (Tab. 7.1.5, Rys. 7.1.10).

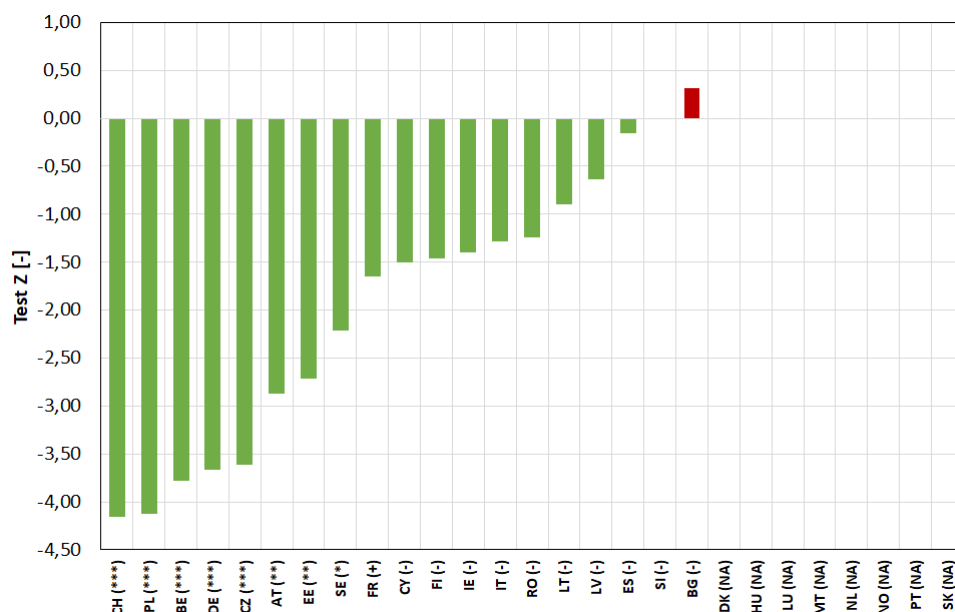


Rys. 7.1.10. Wartości stężeń średnich rocznych dla Pb w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Tab. 7.1.5. Stężenia średnie roczne dla Pb oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	2	0,001	0,002	0,003
BE	5	0,001	0,001	0,002
BG	2	0,001	0,004	0,007
CH	7	0,001	0,002	0,002
CY	1	0,004	0,004	0,004
CZ	15	0,001	0,002	0,004
DE	11	0,001	0,002	0,004
EE	1	0,001	0,001	0,001
ES	19	0,001	0,003	0,010
FI	1	0,001	0,001	0,001
FR	6	0,001	0,001	0,003
HU	3	0,001	0,002	0,003
IE	1	0,001	0,001	0,001
IT	12	0,001	0,047	0,526
LT	1	0,001	0,001	0,001
LV	1	0,002	0,002	0,002
NL	1	0,002	0,002	0,002
NO	3	0,000	0,000	0,001
PL ^{*)}	4	0,001	0,005	0,011
PT	1	0,000	0,000	0,000
RO	1	0,002	0,002	0,002
SE	4	0,000	0,001	0,001
SI	1	0,002	0,002	0,002
SK	4	0,001	0,002	0,003
Europa	107	0,000	0,004	0,526

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.11. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Pb w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Analiza statystyczna zmian stężeń średnich rocznych Pb oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w poszczególnych krajach europejskich wykazuje znaczące spadki w okresie 2010-2024. Spośród 19 dla krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych, dla 9 obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, najwyraźniej zarysowane w przypadku Szwajcarii, Polski, Belgii, Niemiec i Czech. Dla 8 krajów obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące, przy braku tendencji dla Słowenii i rosnącej tendencji w przypadku Bułgarii (Rys. 7.1.9).

Wartości średnie roczne stężeń metali ciężkich oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku mieściły się w granicach odpowiednio: 0,000-14,375 ng/m³ dla Ni; 0,024-1,638 ng/m³ dla As; 0,010-0,570 ng/m³ dla Cd oraz 0,000-0,526 µg/m³ dla Pb.

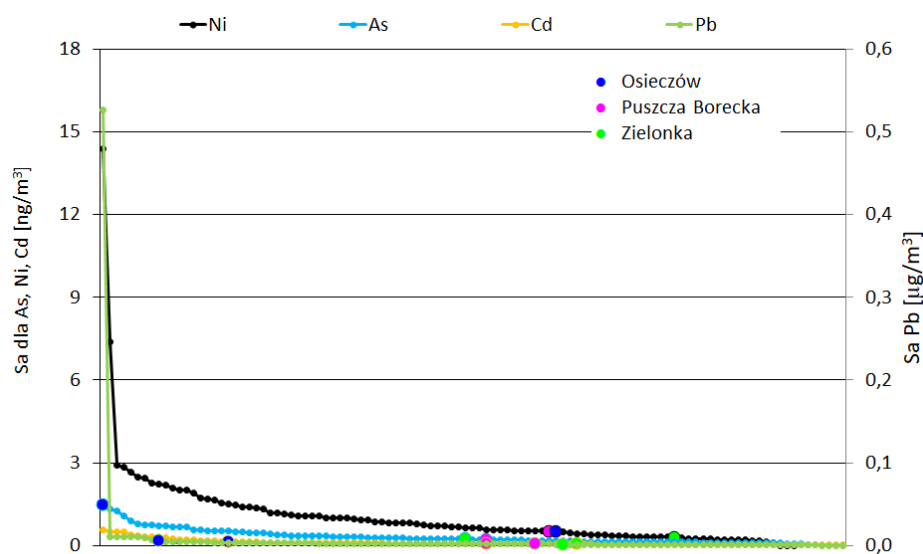
W przypadku Ni oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10, wśród 10% stacji z najwyższymi stężeniami średnimi rocznymi (spośród 100 analizowanych), znajdowało się 5 stacji hiszpańskich oraz trzy stacje z Niemiec (w tym z 3 maksimum europejskim) oraz 2 stacje czeskie (z 1 i 2 maksimum europejskim). Średnie roczne stężenia Ni na 3 rozważanych w opracowaniu polskich stacjach tła regionalnego Puszcza Borecka, Osieczów i Zielonka, usytuowały je wśród stężeń niskich, odpowiednio na pozycjach 65, 66 i 83 licząc od najwyższego stężenia w Europie (Rys. 7.1.12). Najniższe stężenia w Europie zanotowano na 3 stacjach Szwajcarii z wynikami poniżej granicy oznaczalności.

Odmienne sytuacja wyglądała w przypadku stężeń średnich rocznych na stacjach tła pozamiejskiego w przypadku arsenu oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10. Wśród 10% stacji z najwyższymi stężeniami As oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (na 102 analizowane) znalazły się łącznie 4 stacje czeskie (w tym dwie z 2 i 3 maksimum europejskim), po 2 stacje z Hiszpanii i Włoch oraz po jednej stacji węgierskiej i polskiej (z maksimum europejskim w Osieczowie). Stężenie średnie roczne na pozostałych stacjach tła regionalnego w Polsce ułożyły Zielonkę i Puszcę Borecką w środku stawki, odpowiednio

na pozycjach 53 i 56 maksimum europejskiego (Rys. 7.1.12). Najniższe wartości As oznaczanego w pyle zawieszonym PM10 zanotowano na stacji bułgarskiej.

Przeprowadzona analiza rozkładu stężeń uzyskanych na poszczególnych stacjach europejskich w przypadku stężeń średnich kadmu oznaczanego w pyle zawieszonym PM10 pokazuje, że wśród 10% stacji z najwyższymi wartościami w Europie (na 107 analizowanych), 5 zlokalizowanych było w Czechach, 2 w Bułgarii (w tym 2 i 3 maksimum europejskie) oraz po jednej w Polsce (z maksimum europejskim w Godowie) oraz Estonii i Portugalii. Wartości stężenia średniego rocznego kadmu w pyle zawieszonym PM10 na stacjach tła regionalnego znacznie się różniły od siebie i lokowały te stacje odpowiednio: Osieczów w strefie stężeń wysokich, jako 19 maksymalna wartość w Europie, Puszcza Borecka w strefie wartości średnich z 56 wartością maksymalną oraz Zielonka w strefie stężeń niskich na pozycji 69 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.1.12).

W przypadku ołowiu oznaczanego w pyle zawieszonym PM10, spośród 10% stacji tła pozamiejskiego w Europie z najwyższymi stężeniami w 2024 roku (na 107 poddanych analizie) znajdowało się 5 stacji z Hiszpanii (w tym jedna z 3 maksimum europejskim), po 2 stacje z Polski (w tym jedna z 2 maksimum europejskim w Godowie) oraz Włoch (w tym jedna z maksimum europejskim). Stężenia średnie roczne na pozostałych polskich stacjach tła regionalnego zlokalizowane zostały odpowiednio: w strefie stężeń wysokich w przypadku Osieczowa (12 maksimum europejskie) oraz stężeń średnich w Puszczy Boreckiej (na pozycji 64) oraz Zielonce (na pozycji 68 maksimum licząc od wartości najwyższych) - Rys. 7.1.12.



Rys. 7.1.12. Wartości stężeń średnich rocznych metali ciężkich oznaczanych w pyle zawieszonym PM10 na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

7.1.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyle zawieszonym PM10

Ocenę zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi zawartymi w pyle zawieszonym PM10 w Europie w 2024 roku przeprowadzono z uwzględnieniem 113 stacji pozamiejskich tła prowadzących pomiary w 21 krajach. Najwięcej stacji prowadzących pomiary WWA w pyle zawieszonym PM10, spełniających

przyjęte w opracowaniu kryteria selekcji danych (por. rozdział 2), zlokalizowanych było w Czechach (21 stacji), Hiszpanii i Włoszech (po 17) oraz Niemczech (10). W 8 krajach w ocenie wykorzystano wyniki pomiarów pochodzące z pojedynczych stacji. Zdecydowanie najwięcej stacji wykonywało pomiary benzo(a)pirenu, zaś najmniej benzo(b)fluorantenu.

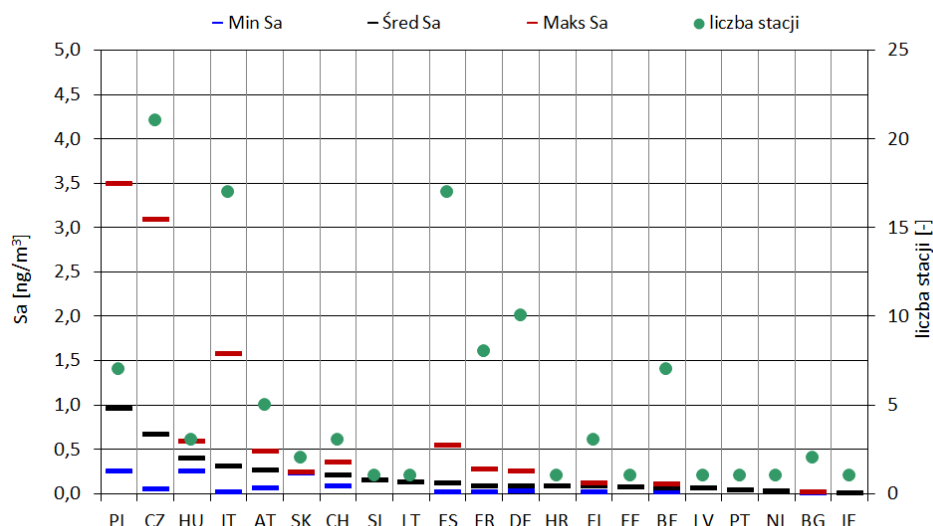
Uzyskane w 2024 roku wyniki dla wszystkich poddanych analizie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀ na stacjach tła pozamiejskiego w Europie wskazują na najwyższe poziomy w Polsce, z wyjątkiem I(1,2,3-cd)P (Tab. 7.1.6 - 7.1.12, Rys. 7.1.13 - 7.1.24).

Uzyskane z pomiarów w 2024 roku stężenia oznaczanego B(a)P w pyłe zawieszonym PM₁₀, uśrednione dla poszczególnych krajów europejskich, wskazują na najwyższe poziomy w Polsce. Wysokie wartości obserwuje się również w Czechach i na Węgrzech. Najniższe wartości przeciętne tego zanieczyszczenia, spośród 21 analizowanych krajów, gdzie prowadzono pomiary tego WWA, uzyskano dla Irlandii i Bułgarii. Przekroczenia rocznej wartości dopuszczalnej w 2024 roku wystąpiły na 6 stacjach, w tym na 4 czeskich oraz po jednej stacji w Polsce (Godów) i we Włoszech (Tab. 7.1.6, Rys. 7.1.13).

Tab. 7.1.6. Stężenia średnie roczne dla B(a)P oznaczanego w pyłe zawieszonym PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

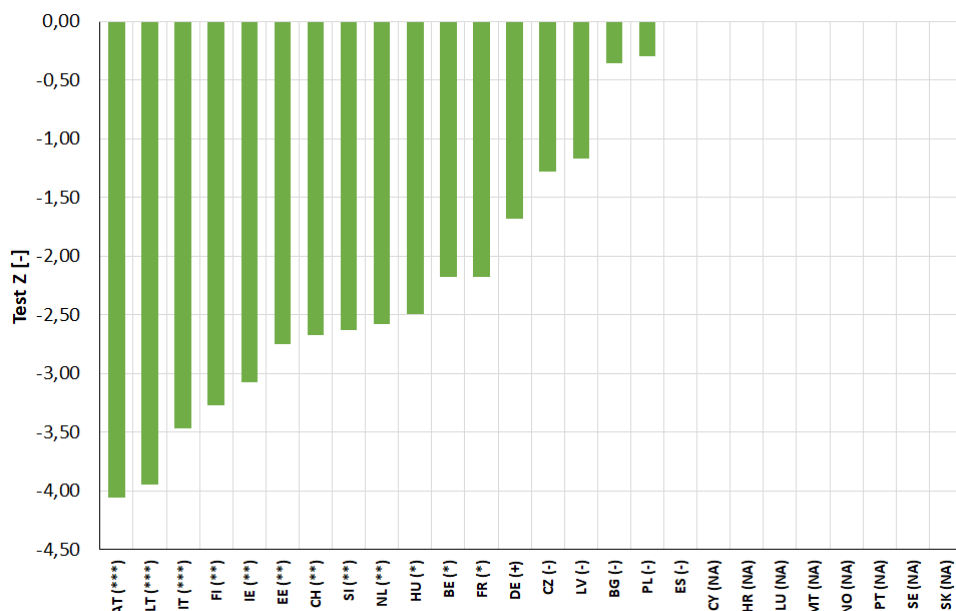
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnionych	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Maks
	[-]	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	5	0	0,054	0,250	0,472
BE	7	0	0,007	0,052	0,096
BG	2	0	0,001	0,006	0,010
CH	3	0	0,080	0,197	0,343
CZ	21	4	0,037	0,656	3,082
DE	10	0	0,016	0,079	0,245
EE	1	0	0,066	0,066	0,066
ES	17	0	0,009	0,111	0,539
FI	3	0	0,013	0,071	0,111
FR	8	0	0,008	0,081	0,262
HR	1	0	0,072	0,072	0,072
HU	3	0	0,244	0,385	0,583
IE	1	0	0,002	0,002	0,002
IT	17	1	0,012	0,303	1,573
LT	1	0	0,117	0,117	0,117
LV	1	0	0,050	0,050	0,050
NL	1	0	0,025	0,025	0,025
PL ^{*)}	7	1	0,243	0,955	3,484
PT	1	0	0,027	0,027	0,027
SI	1	0	0,146	0,146	0,146
SK	2	0	0,219	0,229	0,238
Europa	113	6	0,001	0,185	3,484

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Konieczynka, Osieczów, Parzniewice, Smolary Bytnickie



Rys. 7.1.13. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(a)P w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych B(a)P zawartego w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach w latach 2010-2024 (przeprowadzenie statystycznej analizy możliwe było dla 18 krajów) wskazuje generalnie tendencje spadkowe, z wyjątkiem Hiszpanii, dla której zaobserwowano brak tendencji w całym okresie. Dla 13 krajów zanotowano istotne statystycznie trendy malejące, najwyraźniej zaznaczone w przypadku Austrii, Litwy i Włoch. Polska znajduje się w grupie 4 państw dla których obserwuje się nieistotną statystycznie tendencję malejącą (Rys. 7.1.14).



Rys. 7.1.14. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(a)P w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

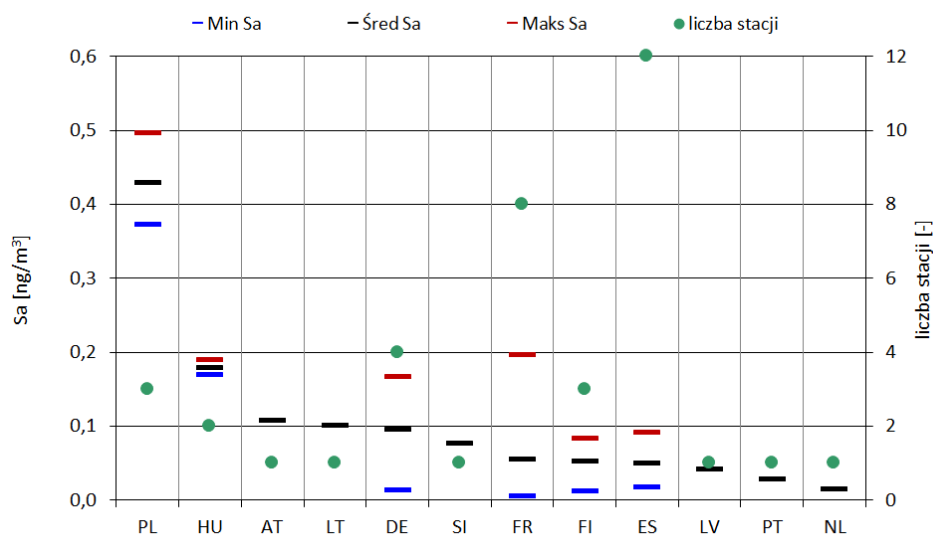
Analizy przeprowadzone dla 12 krajów prowadzących pomiary B(a)A zawartego w pyłe zawieszonym PM10 na obszarach tła pozamiejskiego wskazują, że w 2024 roku średnia dla

Polski była najwyższa wśród krajów Europy. Ponad 2 krotnie niższe stężenie dotyczyło Węgier. Najniższą wartość wśród krajów europejskich uzyskano dla Holandii (Tab. 7.1.7, Rys. 7.1.15).

Tab. 7.1.7. Stężenia średnie roczne dla B(a)A oznaczanego w pyle zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

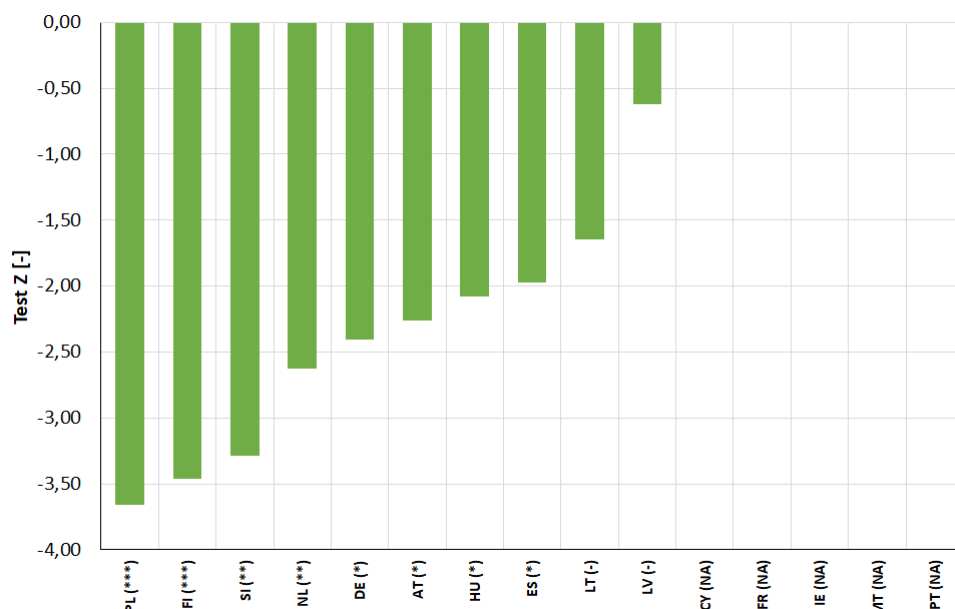
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,107	0,107	0,107
DE	4	0,013	0,095	0,166
ES	12	0,017	0,049	0,091
FI	3	0,011	0,052	0,083
FR	8	0,004	0,054	0,195
HU	2	0,168	0,179	0,189
LT	1	0,100	0,100	0,100
LV	1	0,040	0,040	0,040
NL	1	0,014	0,014	0,014
PL	3	0,372	0,428	0,496
PT	1	0,027	0,027	0,027
SI	1	0,076	0,076	0,076
Europa	38	0,004	0,102	0,496

*) Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.15. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(a)A w pyle zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2023 roku (źródło danych: EAŚ)

Zmiany uśrednionych wartości w okresie 2010-2024 wskazują, że dla każdego z 10 spośród 15 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych, obserwuje się spadki stężeń B(a)A. Najbardziej istotne statystycznie trendy malejące zaobserwowano dla Polski oraz dla Słowenii i Finlandii. W przypadku 2 krajów (Litwy i Łotwy) obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące (Rys. 7.1.16).



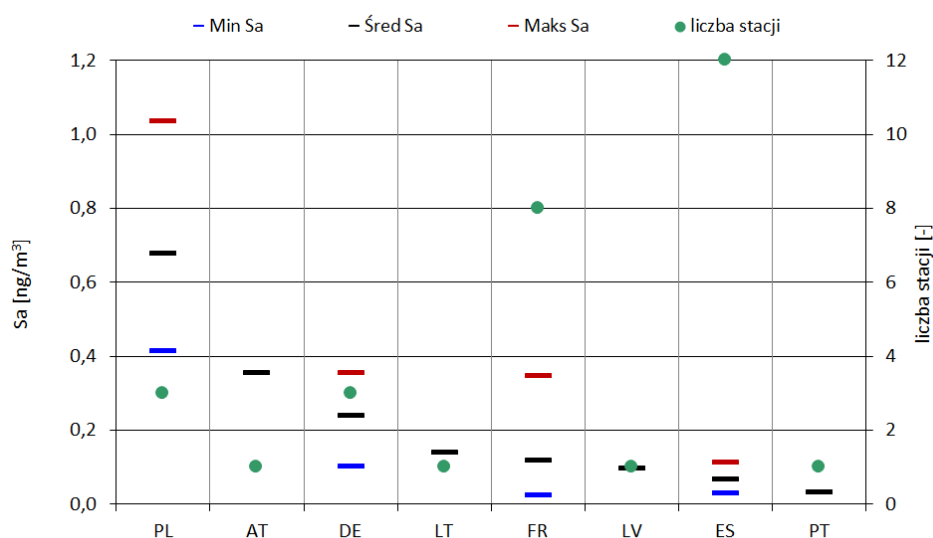
Rys. 7.1.16. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(a)A w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Pomiary B(b)F, B(j)F i B(k)F oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 były wykonywane znacznie rzadziej niż w przypadku omawianych powyżej WWA (w 8 krajach dla B(b)F i B(k)F oraz w 7 w przypadku B(j)F). Ocena uśrednionych wartości dla poszczególnych krajów w Europie dla tych trzech WWA wskazuje na najwyższe stężenia w Polsce dla wszystkich 3 zanieczyszczeń. Najniższe stężenia średnie roczne dla B(b)F, B(j)F i B(k)F oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 uzyskano odpowiednio dla Holandii, Finlandii i Portugalii (Tab. 7.1.8-10, Rys. 7.1.17-19).

Tab. 7.1.8. Stężenia średnie roczne dla B(b)F oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min [ng/m ³]	Średnia [ng/m ³]	Maks [ng/m ³]
AT	1	0,354	0,354	0,354
DE	3	0,101	0,239	0,352
ES	12	0,027	0,065	0,110
FR	8	0,022	0,117	0,344
LT	1	0,139	0,139	0,139
LV	1	0,096	0,096	0,096
PL ^{*)}	3	0,412	0,677	1,034
PT	1	0,029	0,029	0,029
Europa	30	0,022	0,214	1,034

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

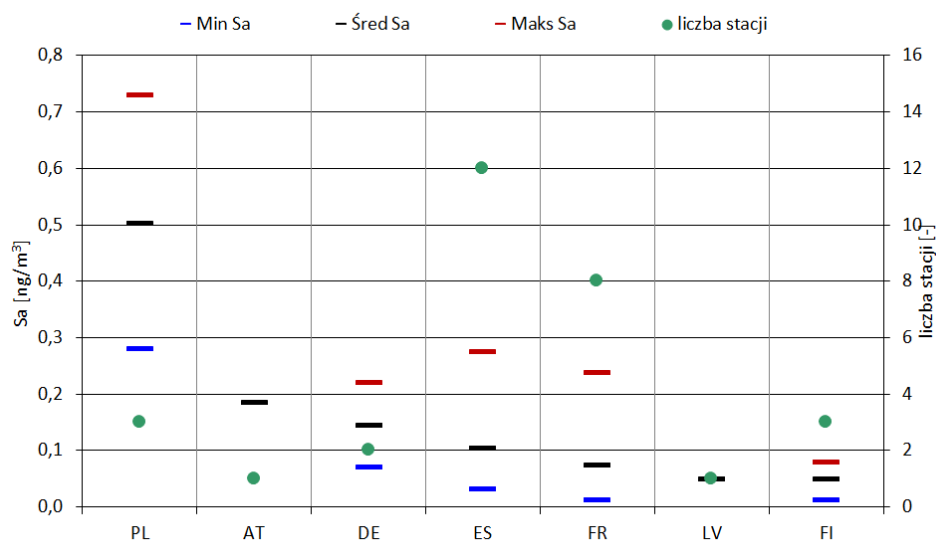


Rys. 7.1.17. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(b)F w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Tab. 7.1.9. Stężenia średnie roczne dla B(j)F oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min [ng/m³]	Średnia [ng/m³]	Maks [ng/m³]
AT	1	0,184	0,184	0,184
DE	2	0,069	0,144	0,218
ES	12	0,030	0,102	0,273
FI	3	0,010	0,047	0,077
FR	8	0,010	0,072	0,236
LV	1	0,048	0,048	0,048
PL	3	0,278	0,501	0,728
Europa	30	0,010	0,157	0,728

*) Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

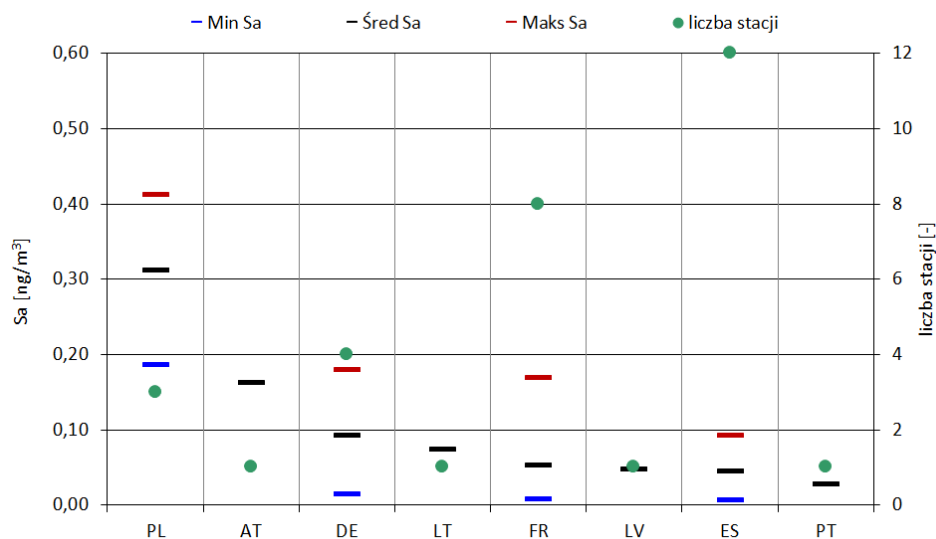


Rys. 7.1.18. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(j)F w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Tab. 7.1.10. Stężenia średnie roczne B(k)F oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

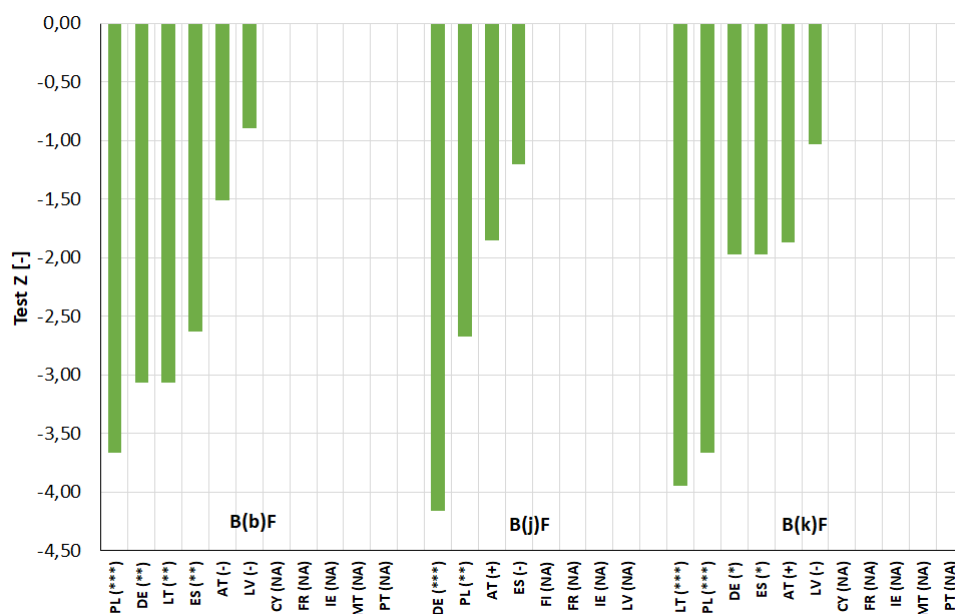
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
AT	1	0,162	0,162	0,162
DE	4	0,014	0,092	0,179
ES	12	0,006	0,044	0,091
FR	8	0,007	0,052	0,168
LT	1	0,073	0,073	0,073
LV	1	0,046	0,046	0,046
PL ^{*)}	3	0,185	0,311	0,411
PT	1	0,027	0,027	0,027
Europa	31	0,006	0,101	0,411

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.19. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(k)F w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych B(b)F i B(k)F (w analizie uwzględniono 6 krajów) oraz B(j)F (uwzględniono 4 kraje) oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 obliczonych dla poszczególnych krajów europejskich w okresie 2010-2024 wskazuje na znaczące spadki. W przypadku Polski obserwuje się wyraźnie zaznaczone istotnie statystycznie trendy malejące dla wszystkich 3 analizowanych WWA, w przypadku B(b)F najwyraźniej zaznaczony w Europie dla B(b)F i B(k)F. W przypadku B(j)F wyraźny i najbardziej istotny statystycznie trend malejący dotyczy tylko Niemiec. Istotny statystycznie trend malejący, poza Polską i Niemcami, obserwuje się jeszcze dla Litwy (w przypadku B(b)F i B(k)F), Hiszpanii (w przypadku B(k)F) oraz Austrii (dla B(j)F i B(k)F) - Rys. 7.1.20.



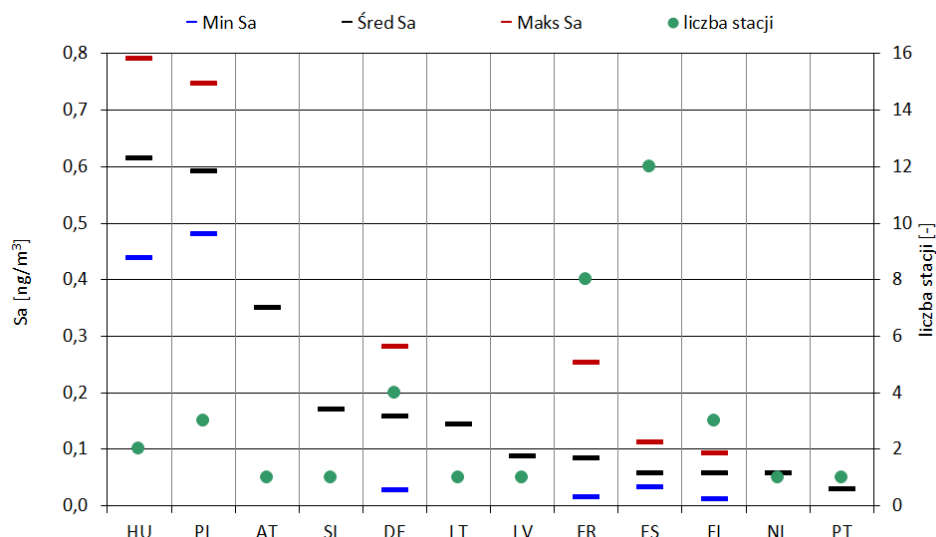
Rys. 7.1.20. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(b)F, B(j)F i B(k)F w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Wykonane analizy zmienności stężeń średnich rocznych I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 na obszarach tła pozamiejskiego pomiędzy krajami w Europie wskazuje na wysokie wartości w 2024 roku w przypadku Węgier i Polski. Najniższe wartości I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 na obszarach pozamiejskich tła uzyskano dla Portugalii (Tab. 7.1.11, Rys. 7.1.21).

Tab. 7.1.11. Stężenia średnie roczne I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,349	0,349	0,349
DE	4	0,027	0,157	0,281
ES	12	0,032	0,057	0,112
FI	3	0,011	0,057	0,092
FR	8	0,015	0,083	0,252
HU	2	0,438	0,614	0,790
LT	1	0,143	0,143	0,143
LV	1	0,087	0,087	0,087
NL	1	0,056	0,056	0,056
PL ^{*)}	3	0,480	0,590	0,746
PT	1	0,029	0,029	0,029
SI	1	0,169	0,169	0,169
Europa	38	0,011	0,199	0,790

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMS Puszca Borecka, Osieczów



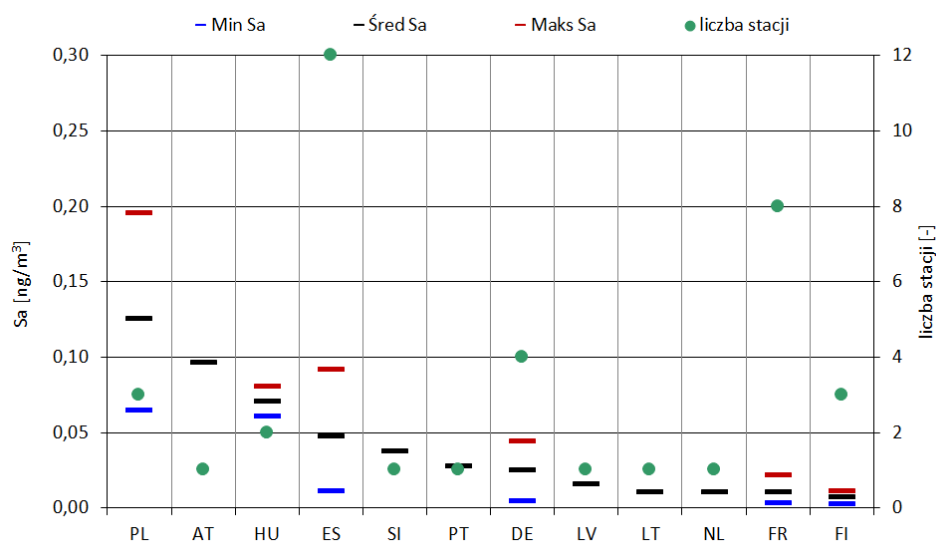
Rys. 7.1.21. Wartości stężeń średnich rocznych dla I(1,2,3-cd)P w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2023 roku (źródło danych: EAŚ)

Podobnie, jak w przypadku wcześniej omówionych WWA w pyłe zawieszonym PM10, ocena różnic pomiędzy uśrednionymi dla poszczególnych krajów stężeniami rocznymi D(a,h)A na obszarach tła pozamiejskiego w roku 2024 wykazuje na najwyższe wartości w Polsce wśród 12 analizowanych krajów prowadzących pomiary tego zanieczyszczenia. Najniższe stężenie tego WWA uzyskano dla Finlandii (Tab. 7.1.12 Rys. 7.1.22).

Tab. 7.1.12. Stężenia średnie roczne dla D(a,h)A oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,096	0,096	0,096
DE	4	0,004	0,025	0,044
ES	12	0,011	0,047	0,091
FI	3	0,002	0,007	0,011
FR	8	0,003	0,010	0,021
HU	2	0,060	0,070	0,080
LT	1	0,010	0,010	0,010
LV	1	0,015	0,015	0,015
NL	1	0,010	0,010	0,010
PL ^{*)}	3	0,064	0,125	0,195
PT	1	0,027	0,027	0,027
SI	1	0,037	0,037	0,037
Europa	38	0,002	0,040	0,195

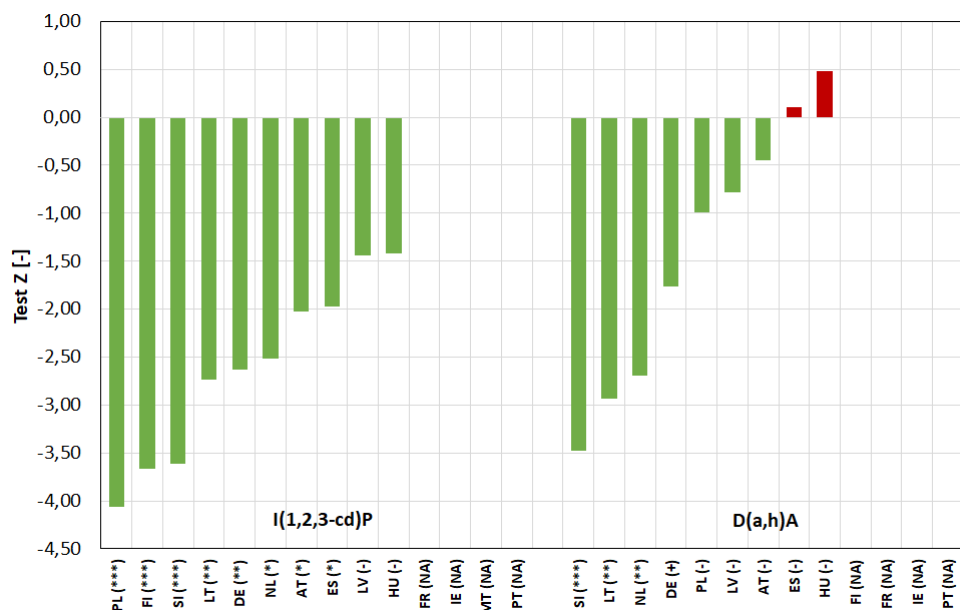
*) Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.1.22. Wartości stężeń średnich rocznych dla D(a,h)A w pyłe zawieszonym PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych w poszczególnych krajach europejskich I(1,2,3-cd)P (analizą statystyczną objęto 10 krajów) i D(a,h)A (analizą statystyczną objęto 9 krajów) oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 w okresie 2010-2024 wykazuje generalnie spadki, z wyjątkiem Hiszpanii i Węgier w przypadku D(a,h)A, dla których zaobserwowano nieistotną statystycznie niewielką tendencję rosnącą. Polska jest krajem, dla którego obserwuje się najwyraźniej zaznaczony w Europie istotny statystycznie trend malejący stężeń I(1,2,3-cd)P. Nieco słabiej zarysowane, ale o tej samej istotności, jak w Polsce, trendy malejące tego WWA obserwuje się również w przypadku Finlandii i Słowenii. Poza tymi krajami, istotne statystycznie trendy malejące stężeń I(1,2,3-cd)P dotyczą jeszcze 5 krajów. W przypadku

D(a,h)A, istotne statystycznie trendy malejące dotyczą Słowenii (o największej istotności) oraz Litwy, Holandii i Niemiec, zaś tendencje malejące – Polski, Łotwy i Austrii (Rys. 7.1.23).



Rys. 7.1.23. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych dla I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A w pyłe zawieszonym PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Wartości stężeń średnich rocznych WWA oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie przedstawiono na rysunku 7.1.24 (wartości stężeń średnich rocznych uszeregowano malejąco). Przeprowadzone analizy pokazują, że w 2024 roku w Europie stężenia średnie roczne dla poszczególnych WWA zawierały się odpowiednio w granicach: 0,001-3,484 ng/m³ dla B(a)P; 0,004-0,496 ng/m³ dla B(a)A; 0,022-1,034 ng/m³ dla B(b)F; 0,010-0,728 ng/m³ dla B(j)F; 0,006-0,411 ng/m³ dla B(k)F; 0,011-0,790 ng/m³ dla I(1,2,3-cd)P oraz 0,002-0,195 ng/m³ dla D(a,h)A.

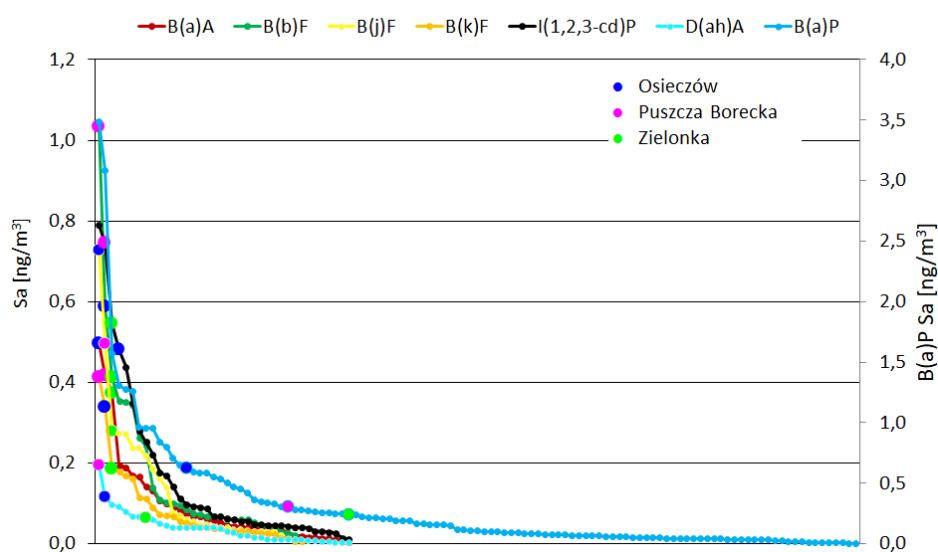
Ocena poziomów B(a)P oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach europejskich tła pozamiejskiego pokazuje, że spośród 10% stacji z najwyższymi wartościami stężeń średnich rocznych (11 na a 113 stacji poddane analizie), w 2024 roku znajdowało się 7 stacji czeskich (w tym jedna z 2 maksimum europejskim), 3 stacje polskie (w tym z Godów z maksimum europejskim) oraz jedna stacja włoska (3 maksimum europejskie). Wartości stężenia średniego rocznego B(a)P na polskich stacjach tła regionalnego uplasowały je w strefie poziomów wysokich, odpowiednio: Osieczów z 14 maksimum europejskim, Puszcza Borecka z 29 maksimum oraz Zielonka na pozycji 38 maksimum wśród 113 stacji licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.1.24). Najniższe stężenia średnie roczne tego WWA zaobserwowano na stacji w Bułgarii.

W przypadku stężeń średnich rocznych B(a)A oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10, sytuacja w 2024 roku wyglądała dla Polski mniej korzystnie niż w przypadku B(a)P. Wśród 5 stacji z najwyższymi stężeniami w Europie (na 38 analizowanych) znalazły się trzy polskie stacje tła regionalnego (Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka w kolejności z 1, 2 i 3 maksimum europejskim) oraz po jednej stacji francuskiej i węgierskiej. Najniższe stężenie B(a)A na obszarach tła pozamiejskiego w Europie zanotowano na jednej ze stacji francuskich.

Najwyższe stężenia w Europie w 2024 roku zanotowano również na trzech analizowanych polskich stacjach tła regionalnego w przypadku B(b)F, B(j)F, B(k)F oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10. Dla wspomnianych WWA najwyższe stężenia zanotowano na stacji Puszcza Borecka przypadku B(b)F i B(k)F oraz w Osieczowie dla B(j)F. Najniższe stężenie średnie roczne dla B(b)F i B(j)F zanotowano na jednej ze stacji francuskich, zaś w przypadku B(k)F - na stacji estońskiej.

Zbliżony rozkład stężeń do omawianych powyżej WWA pomiędzy polskimi stacjami tła regionalnego w 2024 roku zaobserwowano w przypadku I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10, gdzie najwyższe stężenia w Europie obserwowano na stacji Węgierskiej, oraz kolejno na polskich stacjach tła regionalnego w kolejności Puszcza Borecka jako 2 maksimum, Zielonka jako 3 i Osieczów jako 4 maksimum europejskie, przy najniższych stężeniach na stacjach francuskich.

W przypadku D(a,h)A oznaczanego w pyłe zawieszonym PM10 sytuacja w 2024 roku tylko nieznacznie różniła się od omawianych powyżej WWA, gdzie najwyższe stężenie w Europie zanotowano na dwóch polskich stacjach tła regionalnego w kolejności Puszcza Borecka i Osieczów. Wśród 5 stacji z najwyższymi stężeniami znalazły się jeszcze stacje z Austrii z 3 maksimum oraz Hiszpanii i Węgier. Uzyskane stężenie na stacji w Zielonce uplasowało ją na pozycji 8 maksimum europejskiego wśród 38 stacji w Europie. Najniższe stężenie średnie roczne D(a,h)A w Europie zanotowano ponownie na stacji francuskiej.



Rys. 7.1.24. Wartości stężeń średnich rocznych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

7.2. Zanieczyszczenia zawarte w pył zawieszonym PM_{2,5}

W niniejszym rozdziale przedstawiono podsumowanie wyników analiz w zakresie zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{2,5} oraz oznaczanymi w nim anionami i kationami oraz węglem (elementarnym i organicznym) na europejskich stacjach pozamiejskich tła w latach 2010-2024. Analogicznie, jak dla pyłu zawieszonego PM₁₀, w tej części opracowania przedstawiono uśrednione wyniki stężeń uzyskane dla poszczególnych krajów oraz odrębnie wartości średnie roczne dla pojedynczych stanowisk pomiarowych, ze wskazaniem wyników pomiarów obserwowanych na stacjach tła regionalnego w Polsce.

7.2.1. Pył zawieszony PM_{2,5}

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{2,5} dla 2024 roku przeprowadzono z uwzględnieniem pomiarów prowadzonych na 316 stacjach pozamiejskich tła funkcjonujących w 33 krajach europejskich. W stosunku do ubiegłego roku, liczba stacji nieznacznie się zwiększyła, przy niedostępnych danych z Wielkiej Brytanii. Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie (powyżej 30 stacji w każdym kraju) zlokalizowanych było w Niemczech, Włoszech i Hiszpanii – co stanowiło łącznie nieco ponad 45% wszystkich stacji tła pozamiejskiego w Europie. W 8 krajach (Bośnia i Hercegowina, Cypr, Dania, Luksemburg, Łotwa, Litwa, Malta i Macedonia Północna) o wynikach oceny zdecydowały pomiary z pojedynczych stacji. Uśrednione wyniki dla poszczególnych krajów przedstawiono w Tab. 7.2.1 i na Rys. 7.2.1.

Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} obliczone dla Polski na obszarach tła pozamiejskiego w 2024 roku (wynoszące 11,2 µg/m³), znajdowało się w strefie stężeń powyżej średniej obliczonej dla Europy, wynoszącej 8,6 µg/m³. Wyższe wartości uśrednione dla kraju niż w Polsce, uzyskano dla 5 krajów - Bośni i Hercegowiny (najwyższe w Europie, ponad 2 krotnie wyższe niż w Polsce), Rumunii, Turcji, Węgier i Grecji. Najniższe wartości (poniżej 4 µg/m³) zaobserwowano dla krajów skandynawskich, tj. Norwegii i Finlandii.

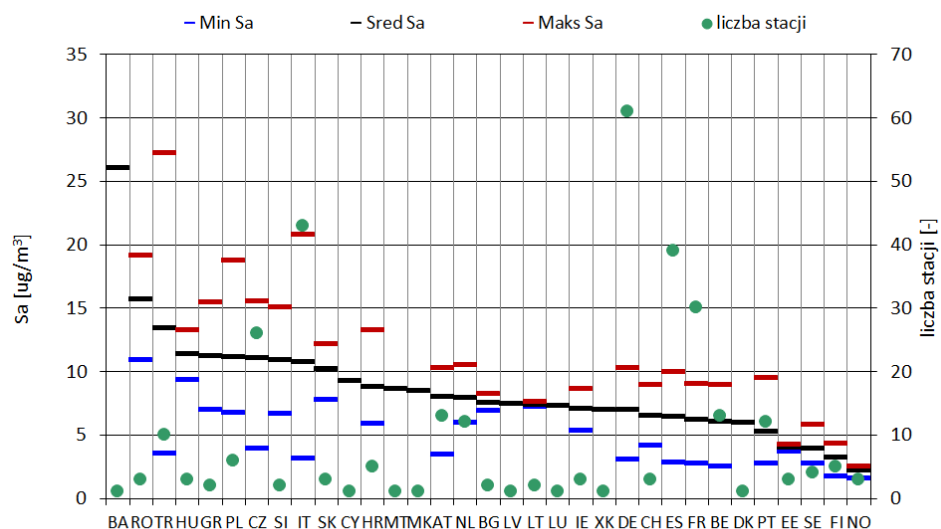
Przekroczenie rocznej wartości poziomu dopuszczalnego wynoszącego 20 µg/m³ wystąpiło na 4 stacjach, 2 tureckich oraz po jednej w Bośni i Hercegowinie oraz we Włoszech (Tab. 7.2.1).

Tab. 7.2.1. Stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Maks
	[-]	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	13	0	3,5	8,1	10,3
BA	1	1	26,1	26,1	26,1
BE	13	0	2,6	6,1	9,0
BG	2	0	6,9	7,6	8,3
CH	3	0	4,2	6,6	9,0
CY	1	0	9,3	9,3	9,3
CZ	26	0	4,0	11,1	15,6
DE	61	0	3,1	7,0	10,3
DK	1	0	6,0	6,0	6,0
EE	3	0	3,7	4,1	4,3
ES	39	0	2,9	6,5	10,0

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Maks
	[-]	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
FI	5	0	1,8	3,3	4,4
FR	30	0	2,8	6,3	9,1
GR	2	0	7,1	11,3	15,5
HR	5	0	6,0	8,9	13,3
HU	3	0	9,4	11,4	13,3
IE	3	0	5,4	7,1	8,7
IT	43	1	3,2	10,8	20,8
LT	2	0	7,2	7,5	7,7
LU	1	0	7,3	7,3	7,3
LV	1	0	7,5	7,5	7,5
MK	1	0	8,6	8,6	8,6
MT	1	0	8,7	8,7	8,7
NL	12	0	6,0	8,0	10,6
NO	3	0	1,6	2,2	2,6
PL ^{*)}	6	0	6,8	11,2	18,8
PT	12	0	2,8	5,3	9,5
RO	3	0	11,0	15,8	19,2
SE	4	0	2,8	4,0	5,9
SI	2	0	6,8	11,0	15,2
SK	3	0	7,9	10,3	12,2
TR	10	2	3,6	13,5	27,3
XK	1	0	7,0	7,0	7,0
Europa	316	4	1,6	8,6	27,3

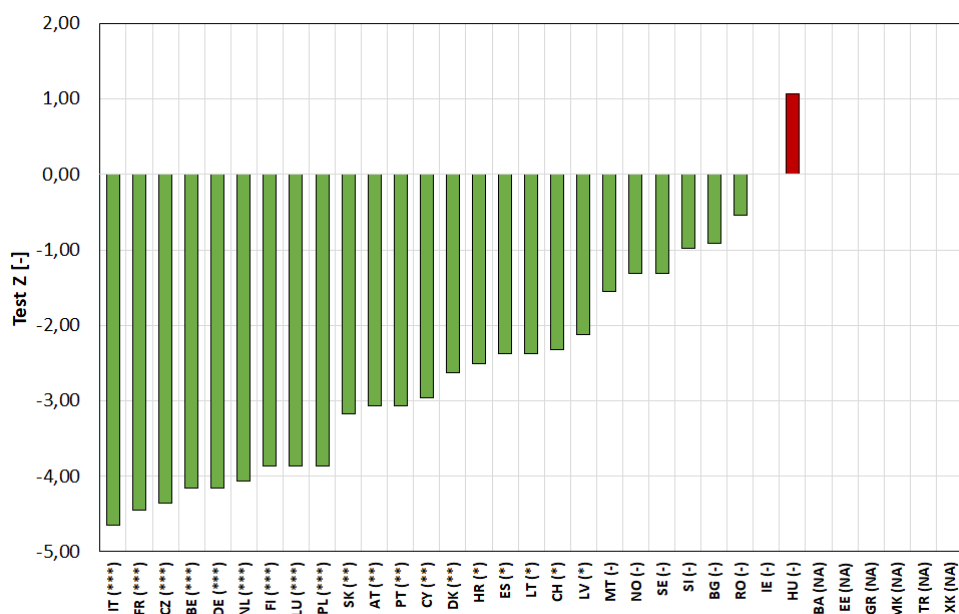
^{*)} Stacje: Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Złoty Potok Leśniczówka



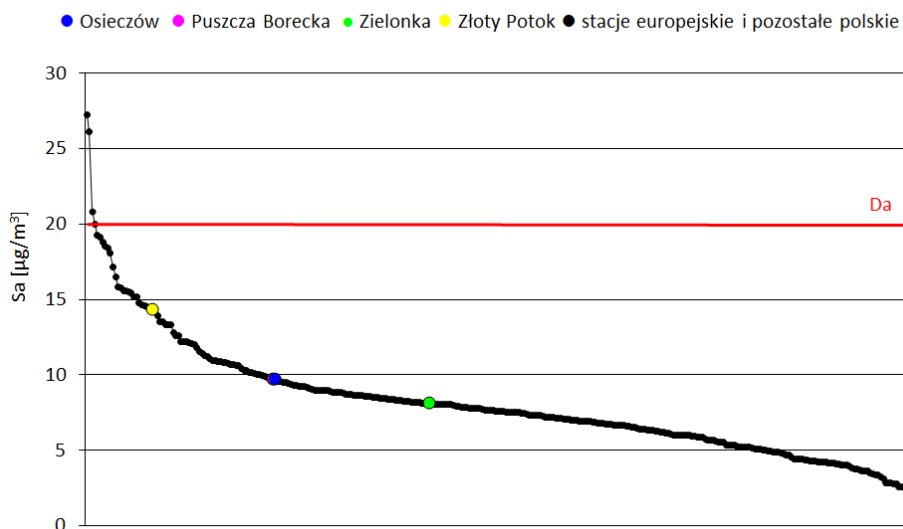
Rys. 7.2.1. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Analiza trendów zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych krajach w okresie 2010-2024 wskazuje na generalne tendencje spadkowe. Dla 25 z 27 analizowanych krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych (spośród 33 poddane analizie) obserwuje się spadki stężeń. W przypadku 19

krajów są to istotne statystycznie trendy malejące. Polska znajduje się wśród 9 krajów z największą istotnością trendu malejącego. Najwyraźniej zarysowane trendy malejące pyłu zawieszonego PM_{2,5} dotyczą Włoch, Francji i Czech. W przypadku 6 krajów (Malta, Norwegia Szwecja, Słowenia, Bułgaria i Rumunia) zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje spadkowe. Należy zaznaczyć, że w przypadku Irlandii żadne tendencje nie są zauważalne, zaś dla Węgier obserwuje się nieistotną statystycznie tendencję rosnącą (Rys. 7.2.2).



Rys. 7.2.2. Trendy i tendencje zmian średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.2.3. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Wartości stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poszczególnych stacjach w Europie w 2024 roku zawierały się w granicach od 1,6 µg/m³ do 27,3 µg/m³. Wśród 5% stacji z najwyższymi stężeniami (16 z 316) znalazło się 7 zlokalizowanych we Włoszech (w tym

jedna stacja z 3 maksimum europejskim), 3 stacje z Turcji (w tym jedna z maksimum europejskim), po 2 stacje z Czech i Rumunii oraz po jednej stacji z Bośni i Hercegowiny (2 maksimum europejskie) i Polski (Godów). Stężenia średnie roczne z polskich stacji tła regionalnego w 2024 roku zlokalizowały je w strefie stężeń wyższych, odpowiednio - licząc od wartości najwyższych - na pozycjach: jako 26 maksimum europejskie w przypadku stacji Złoty Potok, 72 maksimum w Puszczy Boreckiej oraz 73 w Osieczowie i 132 maksimum w Zielonce (Rys. 7.2.3). Najniższe wartości na poziomie $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obserwowano na dwóch stacjach Finlandii oraz jednej stacji w Norwegii.

7.2.2. Jony zawarte w pyłe zawieszonym PM_{2,5}

Ocenę zanieczyszczenia powietrza dla oznaczanych składników zawartych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} dla 2024 roku (dla 8 analizowanych jonów oraz 2 rodzajów węgla) przeprowadzono z uwzględnieniem 32 stacji funkcjonujących w 17 krajach. Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie w 2024 roku zlokalizowanych było we Francji (6), Polsce i Hiszpanii (po 5) oraz Finlandii (3 stacje). W pozostałych 13 krajach pomiary stężeń jonów oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} prowadzono na pojedynczych stacjach. Warto zaznaczyć, że w 16 krajach wykonujących pomiary stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5}, oznaczenia jonów w pyłe zawieszonym PM_{2,5} nie są w ogóle prowadzone. Od 2020 roku dane z Wielkiej Brytanii nie są dostępne.

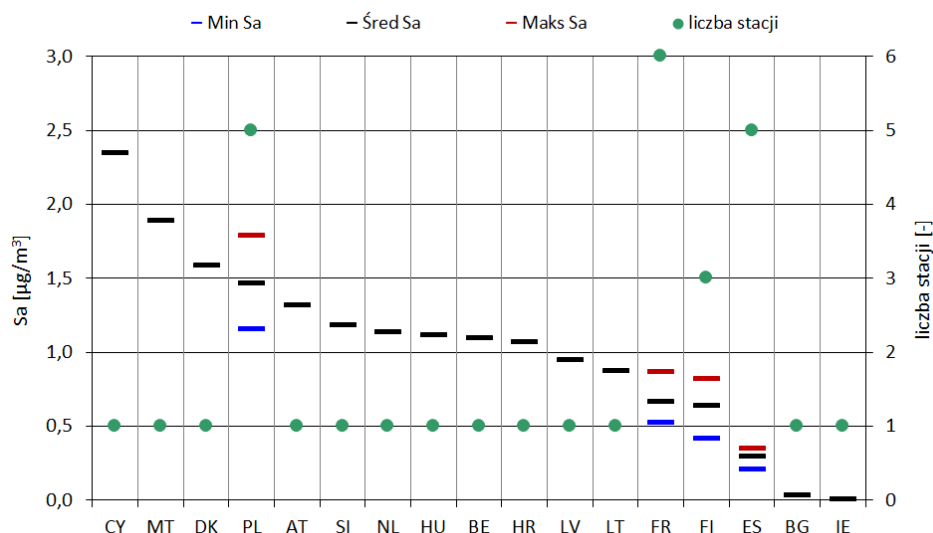
Wartości obliczonych parametrów statystycznych dla oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} anionów i kationów oraz węgla elementarnego i organicznego w poszczególnych krajach przedstawiono w tabelach 7.2.3 - 7.2.11 oraz na rysunkach 7.2.4 - 7.2.16.

Tab. 7.2.2. Stężenia średnie roczne SO_4^{2-} oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Średnia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Maks [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	1,316	1,316	1,316
BE	1	1,089	1,089	1,089
BG	1	0,031	0,031	0,031
CY	1	2,344	2,344	2,344
DK	1	1,583	1,583	1,583
ES	5	0,200	0,288	0,342
FI	3	0,413	0,631	0,816
FR	6	0,521	0,660	0,862
HR	1	1,066	1,066	1,066
HU	1	1,114	1,114	1,114
IE	1	0,001	0,001	0,001
LT	1	0,868	0,868	0,868
LV	1	0,946	0,946	0,946
MT	1	1,882	1,882	1,882
NL	1	1,133	1,133	1,133
PL ^{*)}	5	1,150	1,461	1,783
SI	1	1,182	1,182	1,182
Europa	32	0,001	1,035	2,344

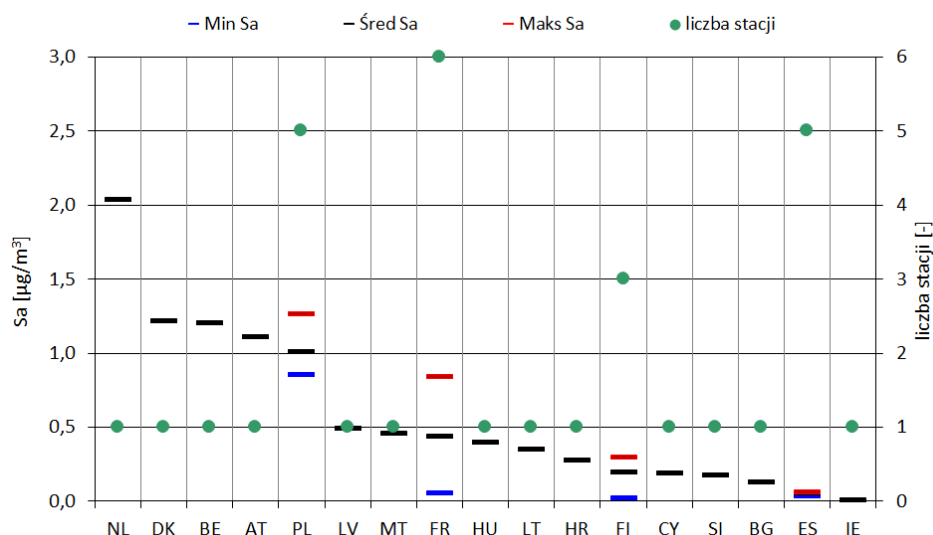
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Złoty Potok Leśniczówka

Analiza stężeń średnich rocznych jonu siarczanowego oznaczanego w pyle zawieszonym PM_{2,5} w 2024 roku obliczonych na podstawie stężeń pochodzących z 32 stacji europejskich pokazuje, że spośród 17 analizowanych państw, przeciętne stężenie w Polsce znajdowało się w strefie poziomów powyżej średniej europejskiej. Wyższe stężenia niż w Polsce zanotowano dla 3 krajów tj. dla Cypru (najwyższe w Europie), Malty i Danii. Najniższe wartości wśród krajów europejskich uzyskano dla Irlandii i Bułgarii (Tab. 7.2.2, Rys. 7.2.4).



Rys. 7.2.4. Wartości stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} oznaczanego w pyle zawieszonym PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Podobnie sytuacja wyglądała w przypadku stężeń jonu azotanowego oznaczanego w pyle zawieszonym PM_{2,5} (analizę przeprowadzono dla 32 stacji wykonujących pomiary w 17 krajach Europy). W tym przypadku stężenie średnie roczne w Polsce na tle krajów europejskich pokazało wartości wyższą niż średnia europejska. Wyższe stężenia niż w Polsce zanotowano dla 4 krajów: Holandii (najwyższe w Europie), Danii, Belgii oraz Austrii. Najniższe stężenia średnie roczne jonu NO_3^- uzyskano dla Irlandii (Tab. 7.2.3, Rys. 7.2.5).

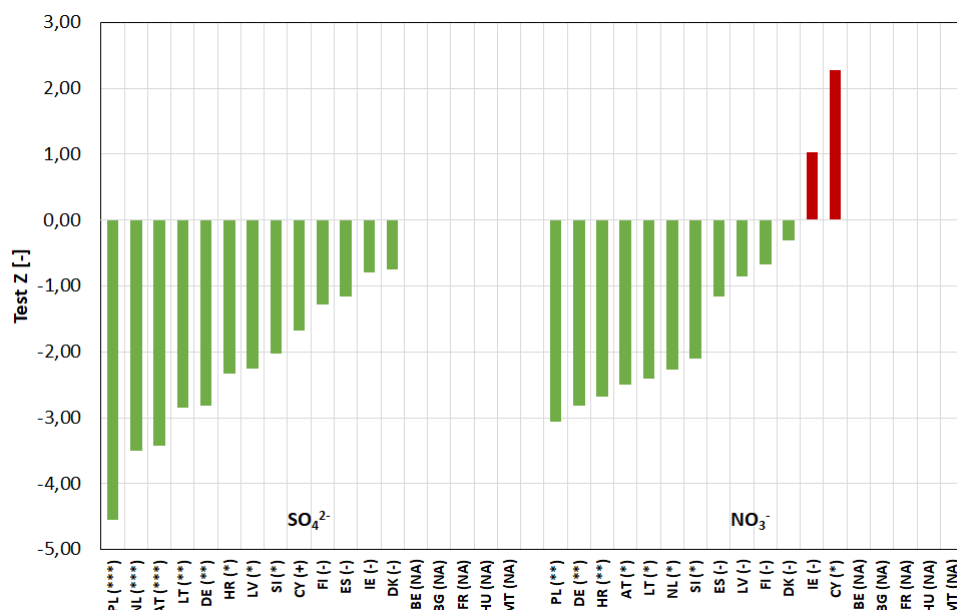


Rys. 7.2.5. Wartości stężeń średnich rocznych NO_3^- oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Tab. 7.2.3. Stężenia średnie roczne NO_3^- oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min [µg/m³]	Średnia [µg/m³]	Maks [µg/m³]
AT	1	1,108	1,108	1,108
BE	1	1,197	1,197	1,197
BG	1	0,122	0,122	0,122
CY	1	0,184	0,184	0,184
DK	1	1,211	1,211	1,211
ES	5	0,032	0,047	0,060
FI	3	0,016	0,192	0,289
FR	6	0,053	0,430	0,838
HR	1	0,271	0,271	0,271
HU	1	0,395	0,395	0,395
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	0,345	0,345	0,345
LV	1	0,490	0,490	0,490
MT	1	0,455	0,455	0,455
NL	1	2,034	2,034	2,034
PL ^{*)}	5	0,850	1,007	1,260
SI	1	0,174	0,174	0,174
Europa	32	0,000	0,568	2,034

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.6. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} i NO_3^- oznaczanych w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Analiza trendów stężeń średnich rocznych jonów siarczanowego i azotanowego oznaczanych w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ w okresie 2010-2024 przeprowadzona dla 13 spośród 19 krajów (dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych) wskazuje na generalne tendencje spadkowe. Wyjątek stanowią istotny statystycznie trend rosnący jonu NO_3^- w przypadku Cypru oraz nieistotna statystycznie tendencja malejąca w przypadku Irlandii. Dla Polski, w przypadku obu jonów, obserwuje się najwyraźniej zaznaczone w Europie istotne statystycznie trendy malejące. Poza Polską, istotne trendy malejące dla jonu SO_4^{2-} dotyczą jeszcze 8 krajów, najwyraźniej są zarysowane w przypadku Holandii i Austrii. Dla pozostałych 4 krajów obserwuje się tendencję spadkową tego jonu. W przypadku jonu NO_3^- , trend malejący poza Polską dotyczy jeszcze 6 krajów, w tym o tej samej istotności - Niemiec. W przypadku pozostałych 4 krajów obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące w analizowanym okresie (Rys. 7.2.6).

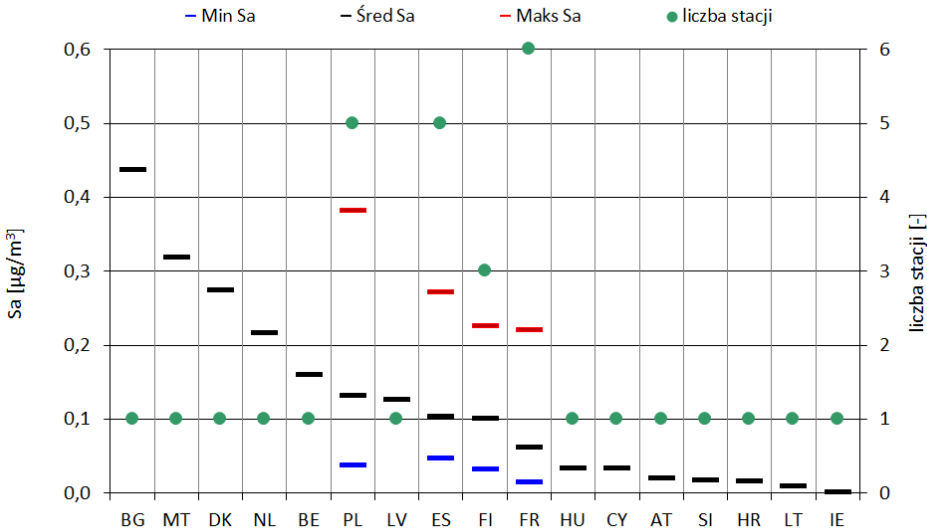
Analiza różnic średnich rocznych stężeń jonu chlorkowego oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ pomiędzy krajami europejskimi wskazuje, że stężenie roczne obliczone dla Polski w 2024 roku było nieznacznie wyższe od średniej obliczonej dla 17 krajów Europy. Wyższe wartości niż dla Polski uzyskano dla 5 krajów, tj. Bułgarii (najwyższe w Europie i ponad 3 krotnie wyższe niż w Polsce), Maty, Danii, Holandii i Belgii. Najniższe stężenia jonu Cl^- w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ zanotowano dla Irlandii (Tab. 7.2.4, Rys. 7.2.7).

Tab. 7.2.4. Stężenia średnie roczne Cl^- oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,019	0,019	0,019
BE	1	0,159	0,159	0,159

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
BG	1	0,436	0,436	0,436
CY	1	0,032	0,032	0,032
DK	1	0,274	0,274	0,274
ES	5	0,046	0,103	0,271
FI	3	0,031	0,100	0,225
FR	6	0,014	0,061	0,220
HR	1	0,015	0,015	0,015
HU	1	0,033	0,033	0,033
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	0,008	0,008	0,008
LV	1	0,125	0,125	0,125
MT	1	0,318	0,318	0,318
NL	1	0,216	0,216	0,216
PL ^{*)}	5	0,037	0,131	0,381
SI	1	0,016	0,016	0,016
Europa	32	0,000	0,120	0,436

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMS Puszca Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



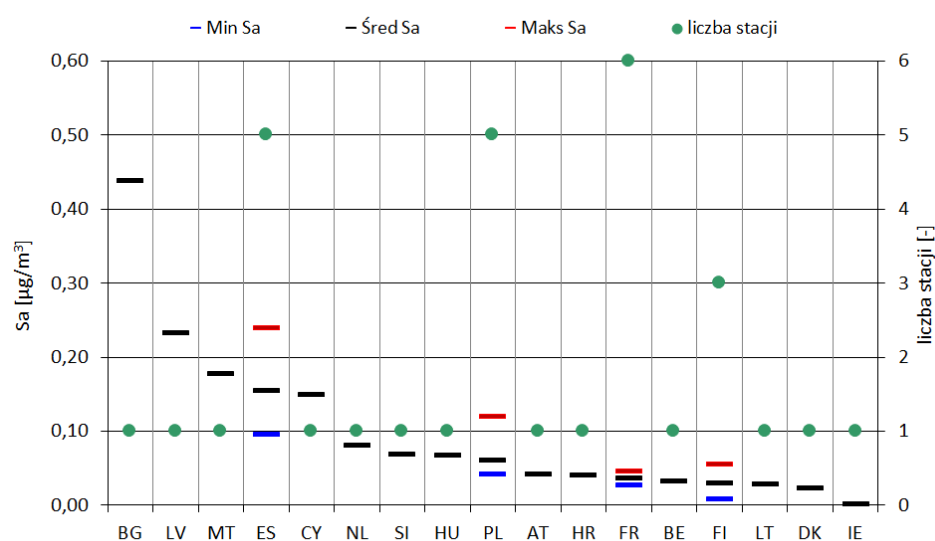
Rys. 7.2.7. Wartości stężeń średnich rocznych Cl⁻ oznaczanego w pył zawieszonym PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

W przypadku jonu wapniowego oznaczanego w pył zawieszonym PM_{2,5}, stężenie średnie roczne dla Polski w 2024 roku było poniżej średniej europejskiej. Wyższe wartości niż w Polsce zaobserwowano dla 8 krajów, w tym zdecydowanie najwyższe w Europie dotyczyło Bułgarii (ponad 7 krotnie wyższe niż uzyskane dla Polski). Najniższe w Europie stężenia średnie roczne jonu wapniowego uzyskano ponownie dla Irlandii (Tab. 7.2.5, Rys. 7.2.8).

Tab. 7.2.5. Stężenia średnie roczne Ca^{2+} oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,041	0,041	0,041
BE	1	0,032	0,032	0,032
BG	1	0,437	0,437	0,437
CY	1	0,149	0,149	0,149
DK	1	0,022	0,022	0,022
ES	5	0,095	0,154	0,239
FI	3	0,008	0,028	0,054
FR	6	0,026	0,035	0,045
HR	1	0,039	0,039	0,039
HU	1	0,066	0,066	0,066
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	0,027	0,027	0,027
LV	1	0,232	0,232	0,232
MT	1	0,177	0,177	0,177
NL	1	0,080	0,080	0,080
PL ^{*)}	5	0,041	0,060	0,119
SI	1	0,068	0,068	0,068
Europa	32	0,000	0,097	0,437

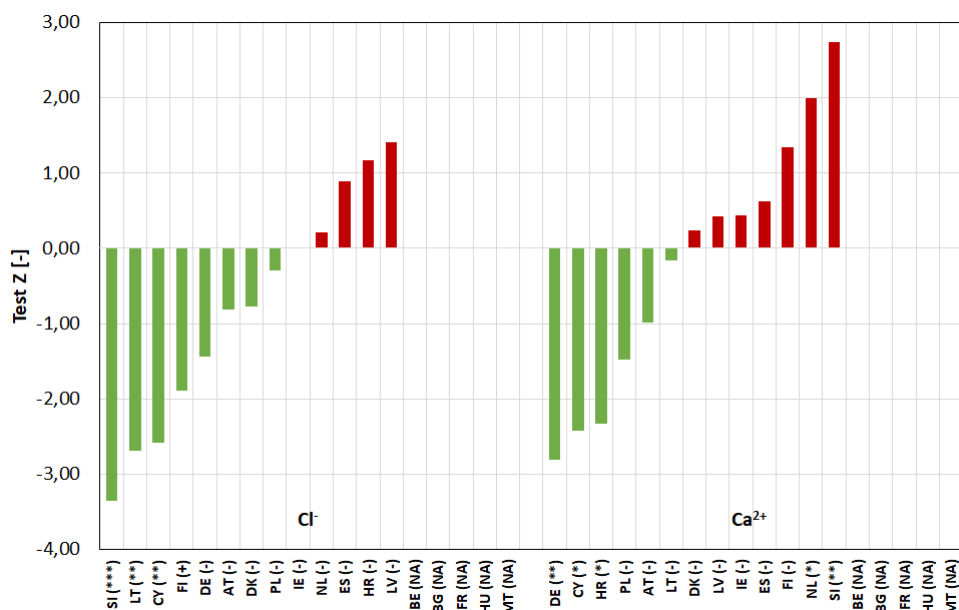
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.8. Wartości stężeń średnich rocznych Ca^{2+} oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian wartości średnich rocznych jonu chlorkowego oraz wapniowego oznaczanych w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w okresie 2010-2024 pokazuje znaczne różnice pomiędzy krajami. Istotnie statystycznie trendy malejące obserwuje się dla 4 krajów w przypadku Cl^- (Słowenii, Litwy, Cypru i Finlandii) oraz 3 krajów w przypadku Ca^{2+} (Niemiec, Cypru i Chorwacji). Co więcej, obliczone zmiany stężeń jonu wapniowego w okresie 2010-2024 wskazują na istotny statystycznie trend rosnący dla Słowenii i Holandii. Tendencje

rosnące dotyczyły 4 krajów w przypadku Cl^- i 5 krajów w przypadku Ca^{2+} . W przypadku Polski dla obu jonów zauważalne są nieistotne statystycznie tendencje malejące (Rys. 7.2.9).



Rys. 7.2.9. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Cl^- i Ca^{2+} oznaczanych w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

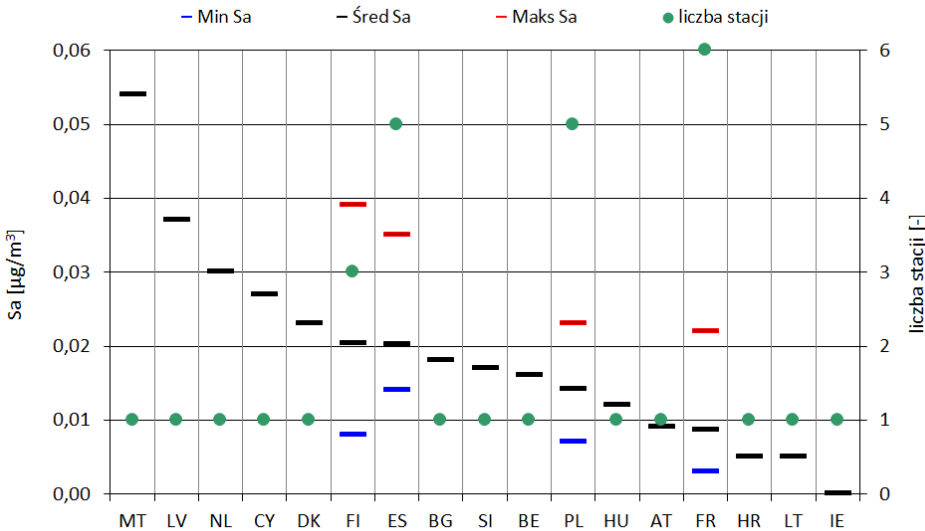
Bardzo podobnie do jonu Ca^{2+} układały się stężenia w przypadku jonu magnezowego oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$. Uzyskane wyniki na obszarach pozamiejskich tła w Europie pokazały, że w Polsce stężenie tego jonu oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ znajdowało się poniżej średniej europejskiej, a wyższe stężenia zanotowano dla 10 krajów, w tym najwyższe dla Malty (Tab. 7.2.6, Rys. 7.2.10). Niższe niż w Polsce wartości uzyskano dla 6 krajów, w tym najniższe w Europie dla Irlandii (Tab. 7.2.6, Rys. 7.2.10).

Tab. 7.2.6. Stężenia średnie roczne Mg^{2+} oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,009	0,009	0,009
BE	1	0,016	0,016	0,016
BG	1	0,018	0,018	0,018
CY	1	0,027	0,027	0,027
DK	1	0,023	0,023	0,023
ES	5	0,014	0,020	0,035
FI	3	0,008	0,020	0,039
FR	6	0,003	0,009	0,022
HR	1	0,005	0,005	0,005
HU	1	0,012	0,012	0,012
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	0,005	0,005	0,005
LV	1	0,037	0,037	0,037
MT	1	0,054	0,054	0,054
NL	1	0,030	0,030	0,030

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
PL ^{*)}	5	0,007	0,014	0,023
SI	1	0,017	0,017	0,017
Europa	32	0,000	0,019	0,054

*) Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.10. Wartości stężeń średnich rocznych Mg^{2+} oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

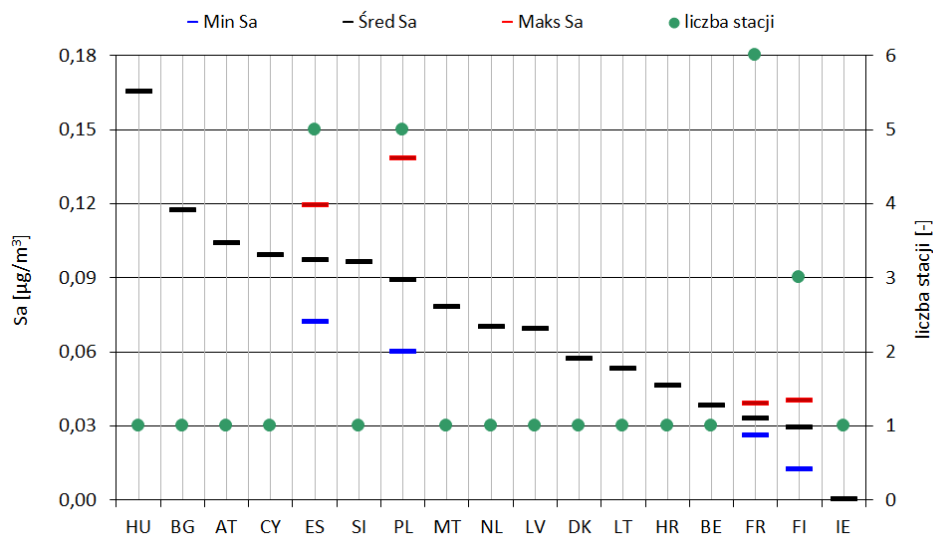
W przypadku stężeń jonu potasowego oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$, że stężenie średnie roczne uzyskane dla Polski dla obszarów tła pozamiejskiego w 2024 roku było na poziomie nieco powyżej średniej w Europie, obliczonej dla 17 krajów. Wyższe stężenie niż w Polsce uzyskano dla 6 krajów, w tym najwyższe dla Węgier. Najniższą wartość stężenia średniego roczne uzyskano ponownie w przypadku Irlandii (Tab. 7.2.7, Rys. 7.2.11).

Tab. 7.2.7. Stężenia średnie roczne K^{+} oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,104	0,104	0,104
BE	1	0,038	0,038	0,038
BG	1	0,117	0,117	0,117
CY	1	0,099	0,099	0,099
DK	1	0,057	0,057	0,057
ES	5	0,072	0,097	0,119
FI	3	0,012	0,029	0,040
FR	6	0,026	0,033	0,039
HR	1	0,046	0,046	0,046
HU	1	0,165	0,165	0,165
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	0,053	0,053	0,053
LV	1	0,069	0,069	0,069

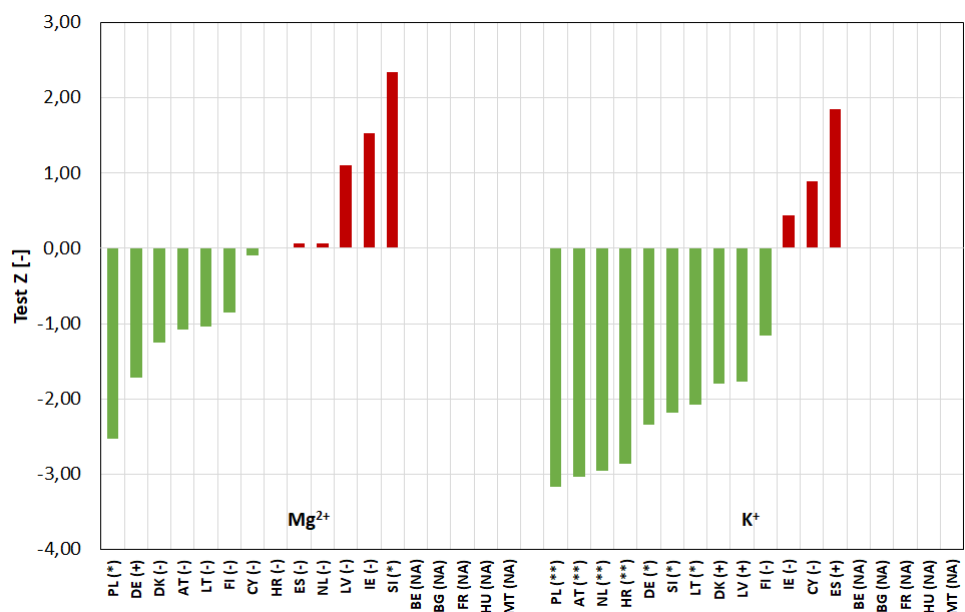
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
MT	1	0,078	0,078	0,078
NL	1	0,070	0,070	0,070
PL ^{*)}	5	0,060	0,089	0,138
SI	1	0,096	0,096	0,096
Europa	32	0,000	0,073	0,165

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.11. Wartości stężeń średnich rocznych K^+ oznaczanego w pył zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Spośród 13 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych zmian stężeń średnich rocznych jonów Mg^{2+} i K^+ w pył zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ w okresie 2010-2024, istotne statystycznie trendy malejące dla jonu magnezowego dotyczą jedynie Polski i Niemiec. W przypadku jonu potasowego, istotne statystycznie trendy malejące obserwuje się dla 9 krajów, w tym o największej istotności i najwyraźniej zaznaczone dotyczą Polski, Austrii, Holandii i Chorwacji. Tendencje rosnące dla obu jonów w analizowanym okresie dotyczyły 2 krajów – w przypadku jonu Mg^{2+} Łotwy i Irlandii, zaś jonu K^+ - Irlandii i Cypru. Należy zauważyć, że dla Słowenii (dla jonu Mg^{2+}) i Hiszpanii (dla jonu K^+) w analizowanym okresie obserwuje się istotne statystycznie tendencje rosnące (Rys. 7.2.12).



Rys. 7.2.12. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Mg²⁺ i K⁺ oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

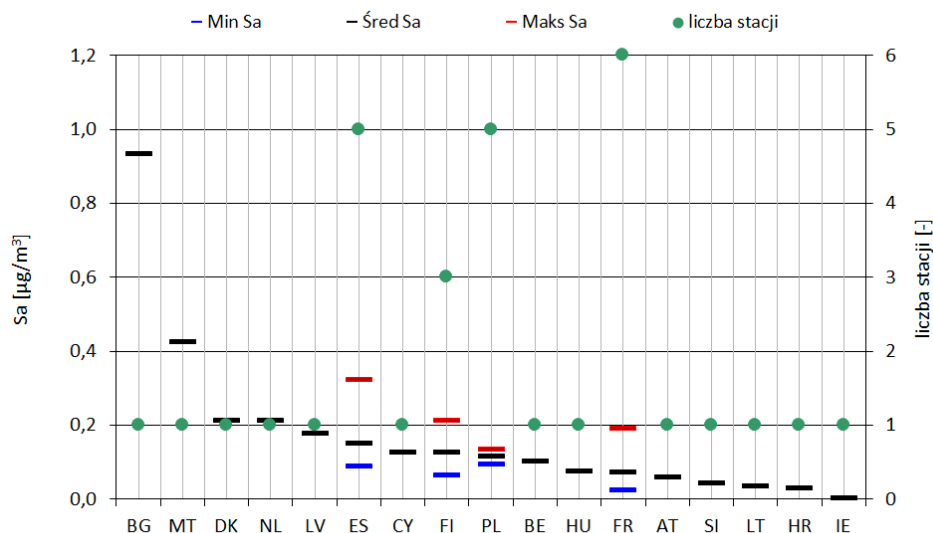
Podobna sytuacja dla Polski, jak opisana powyżej dla jonu potasowego, miała miejsce w przypadku stężeń średnich rocznych jonu sodowego oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5}. Wśród 17 analizowanych krajów w 2024 roku, stężenie uzyskane dla Polski znajdowało się w strefie stężeń znacznie poniżej średniej europejskiej. Wyższe stężenia niż w Polsce uzyskano dla 8 krajów, w tym najwyższe, znacznie odbiegające od pozostałych krajów, dla Bułgarii i Malty. Najwyższe stężenia tego jonu zanotowano dla Irlandii (Tab. 7.2.8, Rys. 7.2.13).

Tab. 7.2.8. Stężenia średnie roczne Na⁺ oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	1	0,056	0,056	0,056
BE	1	0,101	0,101	0,101
BG	1	0,932	0,932	0,932
CY	1	0,125	0,125	0,125
DK	1	0,211	0,211	0,211
ES	5	0,086	0,149	0,322
FI	3	0,063	0,125	0,210
FR	6	0,023	0,071	0,188
HR	1	0,027	0,027	0,027
HU	1	0,072	0,072	0,072
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	0,033	0,033	0,033
LV	1	0,175	0,175	0,175
MT	1	0,423	0,423	0,423
NL	1	0,210	0,210	0,210

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
PL ^{*)}	5	0,092	0,115	0,133
SI	1	0,041	0,041	0,041
Europa	32	0,000	0,169	0,932

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



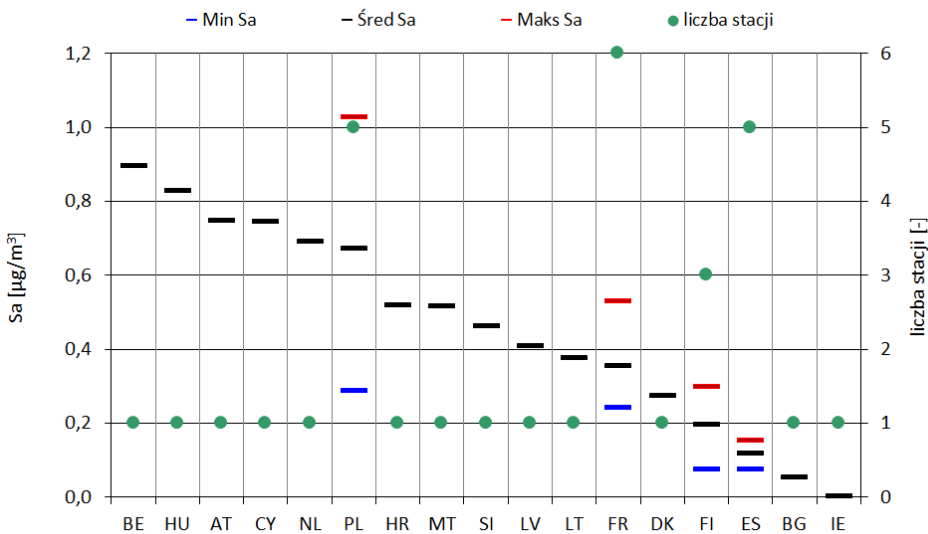
Rys. 7.2.13. Wartości stężeń średnich rocznych Na^+ oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAS)

W przypadku stężenia średniego rocznego jonu amonowego oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$, uśrednione stężenia dla obszarów pozamiejskich tła z uwzględnieniem pomiarów pochodzących z 17 krajów wskazują, że w Polsce w 2024 roku stężenie średnie roczne tego jonu znajdowało się powyżej średniej europejskiej. Wyższe stężenia niż w Polsce uzyskano dla 5 krajów: Belgii (najwyższe w Europie), Węgier, Austrii, Cypru i Holandii. Najniższe stężenia średnie roczne jonu NH_4^+ uzyskano ponownie dla Irlandii (Tab. 7.2.9, Rys. 7.2.14).

Tab. 7.2.9. Stężenia średnie roczne NH₄⁺ oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]
AT	1	0,746	0,746	0,746
BE	1	0,895	0,895	0,895
BG	1	0,051	0,051	0,051
CY	1	0,743	0,743	0,743
DK	1	0,272	0,272	0,272
ES	5	0,074	0,115	0,150
FI	3	0,074	0,195	0,297
FR	6	0,240	0,352	0,527
HR	1	0,518	0,518	0,518
HU	1	0,826	0,826	0,826
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	0,375	0,375	0,375
LV	1	0,408	0,408	0,408
MT	1	0,515	0,515	0,515
NL	1	0,689	0,689	0,689
PL ^{*)}	5	0,287	0,672	1,025
SI	1	0,460	0,460	0,460
Europa	32	0,000	0,461	1,025

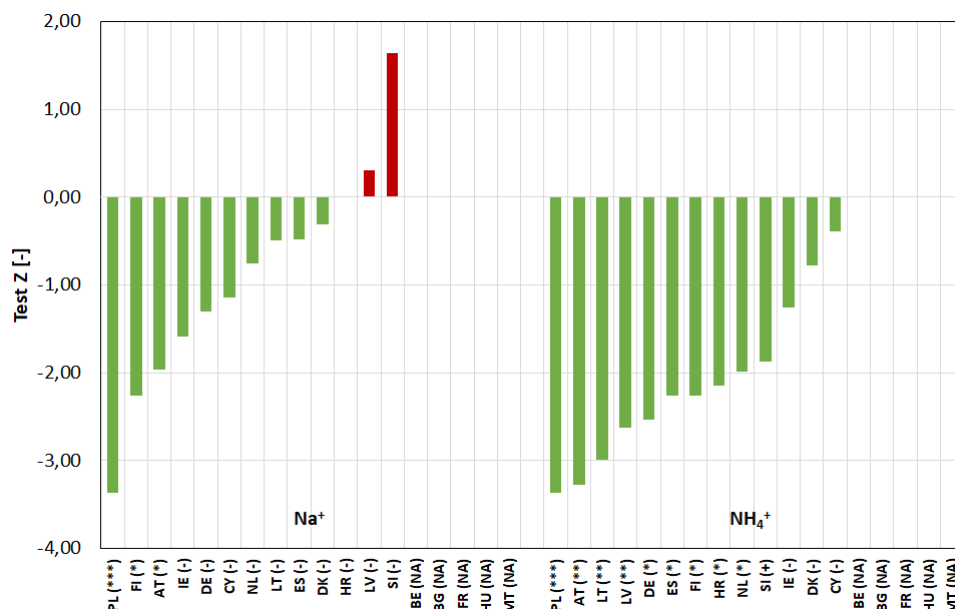
*) Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.14. Wartości stężeń średnich rocznych NH₄⁺ oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Ocena zmian średnich rocznych stężeń jonów Na⁺ i NH₄⁺ oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w latach 2010-2024, przeprowadzona została dla 13 krajów, dla których dostępne były wyniki w analizowanym okresie i możliwe było przeprowadzenie obliczeń. Przeprowadzone analizy wskazują na istotne statystycznie trendy malejące dla obu jonów w przypadku Polski (najbardziej wyraźnie i istotne statystycznie w Europie), Finlandii oraz

Austrii. Ponadto, w przypadku jonu amonowego istotnie statystycznie trendy malejące dotyczą jeszcze Litwy, Łotwy, Niemiec, Hiszpanii, Chorwacji, Holandii i Słowenii. Warto podkreślić, że dla dwóch krajów zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje rosnące dla jonu Na^+ , tj. dla Łotwy i Słowenii (Rys. 7.2.15).



Rys. 7.2.15. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Na^+ i NH_4^+ oznaczanych w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Dla omówionych powyżej jonów oznaczanych w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$, wartości średnie roczne uzyskane dla pojedynczych stacji pozamiejskich tła działających na obszarze Europy w 2024 roku zawierały się w granicach odpowiednio: $0,001\text{--}2,344 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla SO_4^{2-} ; $0,000\text{--}2,034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla NO_3^- ; $0,000\text{--}0,436 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Cl^- ; $0,000\text{--}0,054 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Mg^{2+} ; $0,000\text{--}0,437 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Ca^{2+} ; $0,000\text{--}0,932 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Na^+ ; $0,000\text{--}0,165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla K^+ oraz $0,000\text{--}1,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla NH_4^+ .

Przeprowadzona analiza obliczonych wartości średnich rocznych w 2024 roku pochodzących z pojedynczych stacji pokazuje, że w przypadku jonu SO_4^{2-} w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ spośród 32 analizowanych stacji, najwyższe stężenia w Europie zanotowano na stacji cypryjskiej (maksimum europejskie) oraz maltańskiej (2 maksimum) oraz jednej z polskich stacji (Godów). Polskie stacje tła regionalnego znajdowały się w strefie wartości wysokich, kolejno: stacja Złoty Potok z 4 maksimum europejskim, Osieczów - z 5, Zielonka z 8 oraz Puszcza Borecka z 10 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.2.16). Najniższe wartości stężeń średnich rocznych tego jonu zaobserwowano na stacji irlandzkiej.

Bardzo podobnie sytuacja wyglądała w przypadku rozkładu na poszczególnych stacjach stężeń średnich rocznych jonu NO_3^- zawartego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$. Stężenia średnie roczne tego jonu na polskich stacjach tła regionalnego znajdowały się w strefie wartości wyższych, występujących blisko siebie od 6 do 9 maksimum europejskiego spośród 32 analizowanych stacji, w kolejności: Puszcza Borecka, Osieczów, Zielonka i Złoty Potok (Rys. 7.2.16). Najwyższe stężenie w Europie zanotowano na stacji holenderskiej, na polskiej

stacji w Godowie oraz na stacji duńskiej. W przypadku tego jonu najniższe wartości średnie roczne wystąpiły na stacji irlandzkiej, ze stężeniem poniżej granicy oznaczalności.

W przypadku jonu Cl^- w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$, najwyższe stężenie średnie roczne w 2024 roku, spośród 32 analizowanych stacji europejskich wykonujących te oznaczenia, zaobserwowano na stacji bułgarskiej, polskiej stacji w Godowie oraz stacji maltańskiej. Polskie stacje tła regionalnego uplasowały się w strefie wartości wyższych w przypadku Zielonki (11 maksimum), Osieczowa (13) i Puszczy Boreckiej (14 maksimum) oraz niższych od średniej europejskiej w przypadku Złotego Potoku (21 wartość licząc od wartości najwyższych) - Rys. 7.2.17. Dla tego jonu najniższe wartości w Europie uzyskano na stacji irlandzkiej (stężenie poniżej granicy oznaczalności).

Analizy przeprowadzone dla jonu Mg^{2+} oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ na 32 stacjach tła pozamiejskiego w Europie pokazują, że stężenia średnie roczne w 2024 roku na polskich stacjach tła regionalnego znacznie się różniły od siebie, z najwyższymi stężeniami w Puszczy Boreckiej (jako 7 maksimum europejskie) i najniższymi w przypadku Złotego Potoku (21 maksimum). Stężenia na stacjach w Osieczowie i Zielonce były bardzo zbliżone, sklasyfikowane w połowie stawki tj. jako 15 i 17 maksimum europejskie (Rys. 7.2.17). Najwyższe wartości w Europie dotyczyły stacji zlokalizowanych na Malcie, w Finlandii oraz na Łotwie, zaś najniższe – we Francji oraz Irlandii (stężenie poniżej granicy oznaczalności).

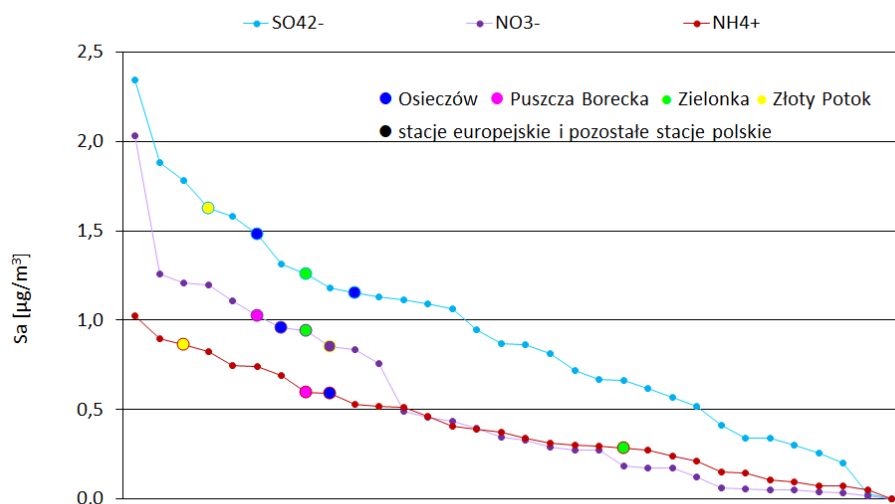
Bardzo podobne zmienności stężeń uzyskano dla polskich stacji tła regionalnego w przypadku jonu Ca^{2+} oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$, klasyfikując je zarówno wśród wartości wyższych (Zielonka z 8 maksimum europejskim), jak i średnich (Złoty Potok, Osieczów i Puszcza Borecka kolejno z 15, 16 i 18 maksimum). Najwyższe stężenie w Europie dla obszarów pozamiejskich tła zaobserwowano na stacji bułgarskiej, hiszpańskiej i łotewskiej, zaś najniższe – ponownie na irlandzkiej, ze stężeniem poniżej granicy oznaczalności (Rys. 7.2.17).

Niemal identyczny rozkład stężeń średnich rocznych dla polskich stacji tła regionalnego wystąpił w 2024 roku w przypadku jonu Na^+ w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$. Stężenia średnie roczne uplasowały polskie stacje tła regionalnego kolejno na pozycjach wśród 32 stacji europejskich (licząc od najwyższych): Osieczów i Puszcza Borecka obok siebie (jako 9 i 10 maksimum), Zielonka (13) oraz Złoty Potok (16 maksimum) - Rys. 7.2.17. Wśród stacji z 3 najwyższymi stężeniami tego jonu w Europie znajdowały się stacje z Bułgarii, Malty i Hiszpanii. Również w przypadku tego jonu, stacja w Irlandii odnotowała stężenie poniżej granicy oznaczalności.

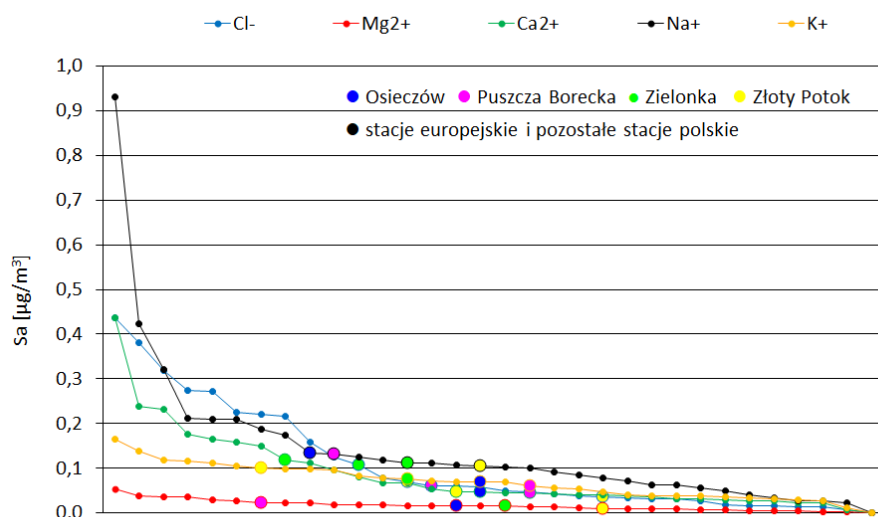
Znacznie większy rozrzut stężeń średnich rocznych na stacjach polskich tła regionalnego zaobserwowano w przypadku jonu potasowego oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$. Uzyskane stężenia uplasowały polskie stacje odpowiednio: Złoty Potok jako 7 maksimum europejskie, Zielonkę na pozycji 13 maksimum, zaś Osieczów i Puszcę Borecką na pozycjach 16 i 18 maksimum w Europie, licząc od najwyższych, wśród 32 analizowanych stacji (Rys. 7.2.17). Najwyższe stężenie tego jonu zanotowano na stacji węgierskiej i polskiej stacji w Godowie oraz jednej ze stacji hiszpańskich, zaś najniższe ponownie na stacji irlandzkiej, ze stężeniem poniżej granicy oznaczalności.

Istotne rozpiętości stężeń średnich rocznych wśród 32 stacji europejskich zanotowano dla polskich stacji tła regionalnego w przypadku oznaczanego w pyłe zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ jonu NH_4^+ . Najwyższe stężenie średnie roczne w Europie wystąpiło na polskiej stacji w Godowie oraz stacji cypryjskiej (2 maksimum) i polskiej stacji tła regionalnego w Złotym Potoku

(3 maksimum). Pozostałe polskie stacje tła regionalnego znalazły się odpowiednio: Puszcza Borecka i Osieczów blisko siebie na pozycjach 8 i 9 maksimum, zaś Zielonka – w strefie stężeń poniżej średniej, jako 21 maksimum europejskie (Rys. 7.2.16). Podobnie, jak w przypadku większości omawianych jonów, najniższe stężenie średnie roczne NH_4^+ zanotowano na stacji irlandzkiej.



Rys. 7.2.16. Wartości stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} , NO_3^- i NH_4^+ w pyle zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.2.17. Wartości stężeń średnich rocznych Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ i K^+ oznaczanych w pyle zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Pomiary węgla organicznego (OC) i elementarnego (EC) oznaczanego w pyle zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$ na stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzone są od 2011 roku. Dla 2024 roku analizy dla węgla przeprowadzono na podstawie pomiarów pochodzących z 30 dla EC oraz 31

dla OC stacji pozamiejskich tła funkcjonujących odpowiednio w 15 i 16 krajach (wszystkie oznaczenia wykonywane były metodą termooptyczną).

Dla przypadku obu form węgla, średnie roczne stężenia w 2024 roku w Polsce były najwyższe w Europie, nieco wyższe niż uzyskane dla Węgier. Należy podkreślić, że tylko w 4 krajach oznaczenia OC i EC w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na obszarach tła pozamiejskiego prowadzone są na więcej niż 1 stacji – najwięcej we Francji (6 stacji), Hiszpanii i Polsce (po 5 stacji) oraz w Finlandii (3). W 2024 roku po raz pierwszy dane dla obu form węgla nie były dostępne z Niemiec). Najniższe stężenia obu rodzajów węgla zanotowano dla Irlandii przy wynikach poniżej graniczy oznaczalności (Tab. 7.2.10-11, Rys. 7.2.18).

Tab. 7.2.10. Stężenia średnie roczne EC oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	1	0,306	0,306	0,306
CY	1	0,203	0,203	0,203
DK	1	0,144	0,144	0,144
ES	5	0,052	0,083	0,143
FI	3	0,046	0,122	0,184
FR	6	0,129	0,142	0,156
HR	1	0,214	0,214	0,214
HU	1	0,419	0,419	0,419
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	0,079	0,079	0,079
LV	1	0,216	0,216	0,216
MT	1	0,248	0,248	0,248
NL	1	0,330	0,330	0,330
PL ^{*)}	5	0,304	0,524	0,827
SI	1	0,254	0,254	0,254
Europa	30	0,000	0,219	0,827

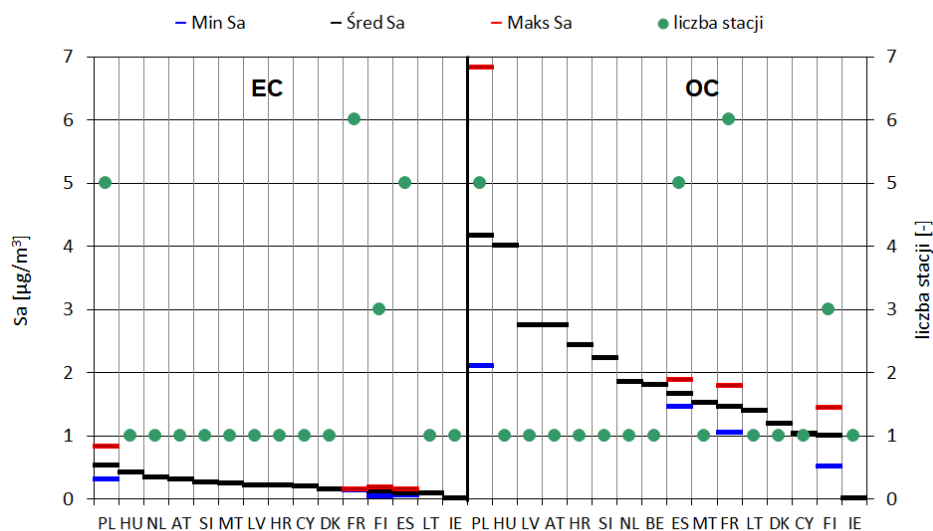
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka

Tab. 7.2.11. Stężenia średnie roczne OC oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	1	2,739	2,739	2,739
BE	1	1,807	1,807	1,807
CY	1	1,029	1,029	1,029
DK	1	1,188	1,188	1,188
ES	5	1,462	1,666	1,876
FI	3	0,516	1,002	1,437
FR	6	1,041	1,459	1,782
HR	1	2,434	2,434	2,434
HU	1	4,007	4,007	4,007
IE	1	0,000	0,000	0,000
LT	1	1,394	1,394	1,394

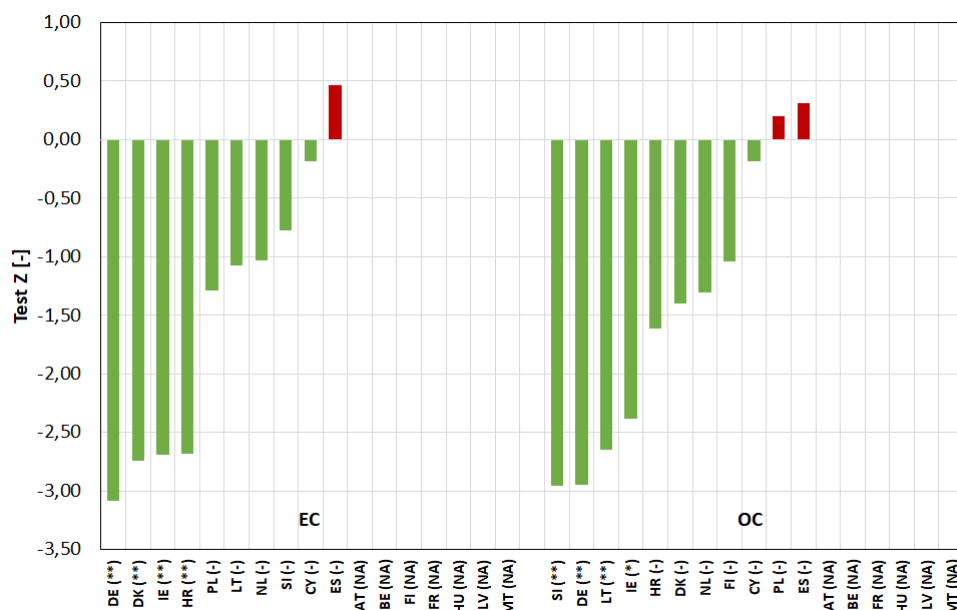
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
LV	1	2,749	2,749	2,749
MT	1	1,519	1,519	1,519
NL	1	1,852	1,852	1,852
PL ^{*)}	5	2,094	4,169	6,829
SI	1	2,219	2,219	2,219
Europa	31	0,000	1,952	6,829

*) Stacje: Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka



Rys. 7.2.18. Wartości stężeń średnich rocznych EC i OC oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Dostępne wyniki z okresu 2011-2024 pozwoliły na przeprowadzenie testów statystycznych analizy trendów dla 10 krajów w przypadku EC i 11 dla OC. Uzyskane wyniki dla obu rodzajów węgla wskazują na istotny statystycznie trend malejący dla Niemiec i Irlandii oraz dodatkowo dla Danii i Chorwacji w przypadku węgla elementarnego oraz Słowenii i Litwy w przypadku węgla organicznego. W pozostałych krajach obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące obu rodzajów węgla oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w analizowanym okresie. Wyjątek stanowi Hiszpania dla obu form węgla i Polska w przypadku OC, dla których obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje rosnące (Rys. 7.2.19).



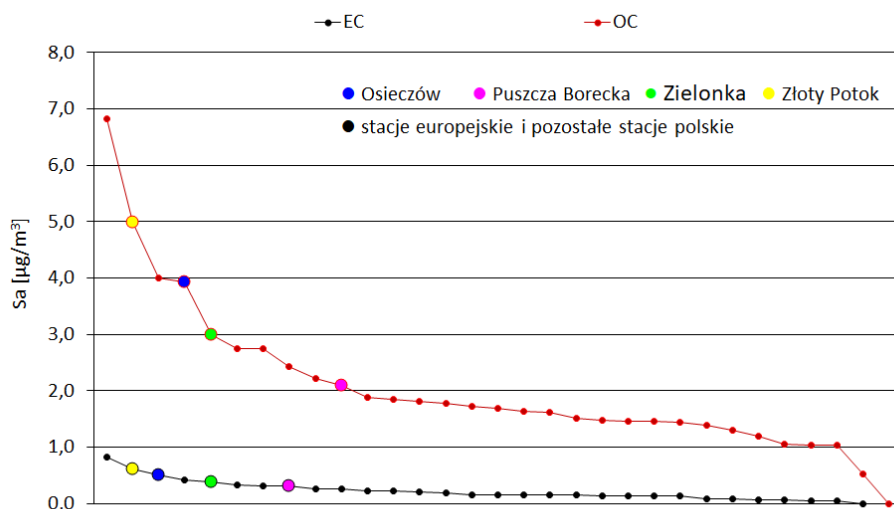
Rys. 7.2.19. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych EC i OC oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2011-2024 (źródło danych: EAŚ)

Wartości średnie roczne na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła Europy w 2024 roku mieściły się w granicach odpowiednio: 0,000-0,827 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla EC oraz 0,00-6,829 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla OC (Rys. 7.2.20).

W przypadku EC oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5}, najwyższe stężenie średnie roczne w Europie zaobserwowano na polskich stacjach w Godowie, Żółtym Potoku i Osieczowie (maksyma europejskie). Stężenia średnie roczne na pozostałych dwóch polskich stacjach tła regionalnego plasowały je w gronie wyników wysokich i blisko siebie, odpowiednio: Zielonka jako 5 najwyższa wartość w Europie oraz Puszcza Borecka jako 8 maksimum na 30 analizowanych stacji.

Dla stężeń OC w 2024 roku sytuacja wyglądała podobnie, jak w przypadku EC, z maksimum europejskim na polskich stacjach Godów i Żółty Potok. Pozostałe polskie stacje znajdowały się blisko siebie, jako 4, 5 i 10 maksimum w kolejności – Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka.

Dla obu form węgla oznaczanego w pyłe zawieszonym PM_{2,5}, najniższe wartości w Europie w 2024 roku zanotowano na stacji irlandzkiej, z wartościami poniżej granicy oznaczalności.



Rys. 7.2.20. Wartości stężeń średnich rocznych węgla oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

7.3. Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀

Analizę udziału frakcji pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ wykonano na podstawie stężeń średnich rocznych uzyskanych dla roku 2024 na 279 stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzących równoległe pomiary obu frakcji pyłu, funkcjonujących w 33 krajach. W analizach odniesiono się do różnic w udziale w ostatnich dwóch latach, tj. 2023-2024.

Najwięcej stacji prowadzących równoległe pomiary obu frakcji pyłu zawieszonego w krajach europejskich (powyżej 30) zlokalizowanych było w Niemczech (49 stacji) oraz w Hiszpanii i Włoszech (39). W 10 krajach pomiary równoległe obu frakcji pyłu zawieszonego prowadzone były tylko na jednej stacji (Tab. 7.3.1).

Tab. 7.3.1. Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w 2024 roku na stacjach pozamiejskich tła (źródło danych: EAŚ)

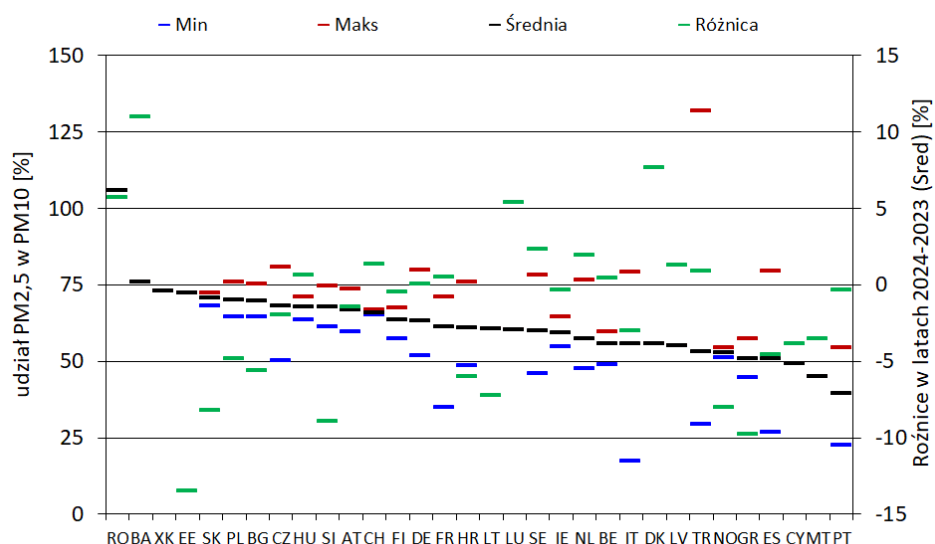
Kraj	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Udział pyłu zawieszonego PM _{2,5} w PM ₁₀			
		Minimum [%]	Średnia [%]	Maksimum [%]	Różnica 2024-2023 [%]
AT	12	59,8	66,8	73,7	-1,5
BA	1	76,1	76,1	76,1	11,0
BE	13	49,1	55,9	59,8	0,4
BG	2	64,5	69,8	75,2	-5,6
CH	3	65,2	65,9	66,7	1,4
CY	1	49,1	49,1	49,1	-3,9
CZ	25	50,3	68,1	80,8	-2,0
DE	49	51,7	63,2	79,7	0,1
DK	1	55,6	55,6	55,6	7,7
EE	1	72,4	72,4	72,4	-13,5
ES	37	26,8	50,8	79,6	-4,5
FI	5	57,5	63,6	67,6	-0,4
FR	25	35,0	61,3	71,1	0,5

Kraj	Liczba stacji pozamiejskich tła	Udział pyłu zawieszonego PM _{2,5} w PM ₁₀			
		Minimum	Średnia	Maksimum	Różnica 2024-2023
	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]
GR	2	44,6	51,0	57,4	-9,8
HR	5	48,6	61,0	75,9	-6,0
HU	3	63,7	67,9	71,1	0,6
IE	3	55,0	59,4	64,5	-0,4
IT	37	17,3	55,8	79,2	-3,0
LT	1	60,7	60,7	60,7	-7,3
LU	1	60,2	60,2	60,2	5,4
LV	1	55,1	55,1	55,1	1,3
MT	1	45,0	45,0	45,0	-3,5
NL	12	47,7	57,5	76,6	1,9
NO	3	51,2	52,8	54,6	-8,0
PL ^{*)}	6	64,5	70,0	75,9	-4,8
PT	11	22,6	39,6	54,4	-0,3
RO	1	105,7	105,7	105,7	5,7
SE	4	46,1	60,1	78,4	2,3
SI	2	61,3	67,9	74,5	-8,9
SK	3	68,3	70,8	72,5	-8,2
TR	7	29,3	53,1	132,0	0,9
XK	1	73,2	73,2	73,2	
Europa	279	17,3	62,1	132,0	-1,7

^{*)} Stacje: Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Godów, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok Leśniczówka

Przeprowadzone analizy pokazują, że uśredniony udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ w poszczególnych krajach na obszarach tła pozamiejskiego w Europie w 2024 roku zawierał się w granicach od 39,6% (Portugalia) do ponad 100,0% (Rumunia, dane zweryfikowane). Największy średni udział obliczony dla kraju na obszarach pozamiejskich tła, wyższy od 70%, zaobserwowano dla Rumunii, Bośni i Hercegowiny, Kosowa oraz Estonii, zaś najmniejszy, nieprzekraczający 50%, dla Portugalii, Malty i Cypru. W przypadku Polski, średni udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ na obszarach tła pozamiejskiego w 2024 roku wyniósł 70,0% (Tab. 7.3.1).

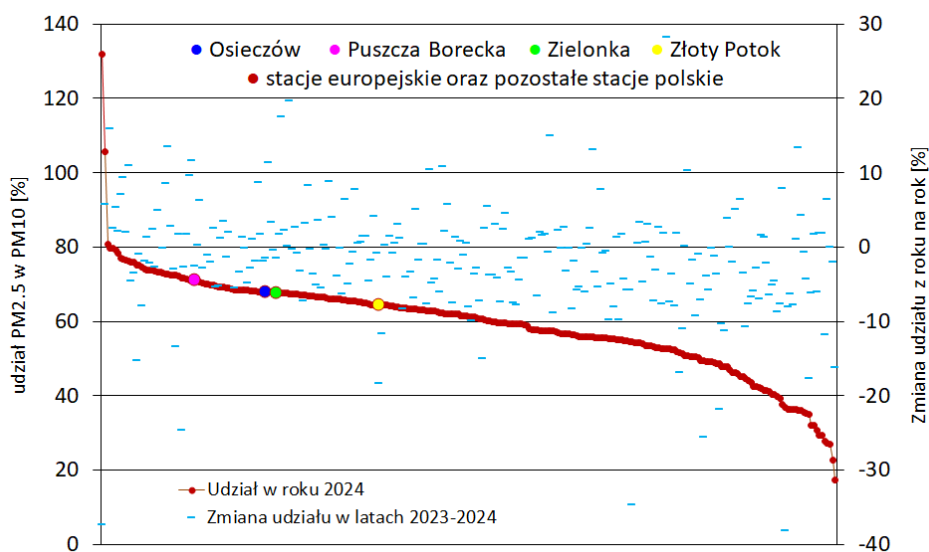
Najwyższy wzrost udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ z roku na rok (w okresie 2023-2024) zaobserwowano dla Bośni i Hercegowiny (11%) oraz Danii (blisko 8%). W 15 krajach zanotowano spadki, w tym w Polsce (4,8%). W 8 krajach nie zanotowano zmian udziału (udziału nie różniły się o więcej niż 1%). Największe spadki udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ dotyczyły Estonii i Grecji (Tab. 7.3.1, Rys. 7.3.1).



Rys. 7.3.1. Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w 2024 roku ze wskazaniem różnic w udziale średnim w stosunku do 2023 roku (udział obliczony podstawie stężeń średnich rocznych na stacjach pozamiejskich tła) (źródło danych: EAŚ)

Ocena wartości obliczonego udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie pokazuje bardzo duże różnice – od 17,3% (jedna ze stacji włoskich) do ponad 100 (stacja Rumuńska i jedna ze stacji tureckich). Analizowane stacje tła regionalnego z Polski znajdowały się w strefie stacji z wysokimi wartościami omawianego wskaźnika (udziału). Najwyższy udział w 2024 roku zanotowano dla stacji Puszcza Borecka (nieco ponad 71%) i było to 36 maksimum europejskie. Udziały obliczone dla stacji Osieczów i Zielonka były zbliżone i wynosiły ok. 68% (63 i 63 maksima wśród najwyższych wartości dla analizowanych 297 stacji). Wśród 10% stacji z najwyższym współczynnikiem udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀, znajdowało się 6 stacji czeskich, 3 niemieckie, po 2 stacje hiszpańskie, holenderskie, włoskie i polskie (Borsukowizna i Godów) oraz pojedyncze stacje z 10 krajów. Najniższy udział na polskich stacjach tła regionalnego dotyczył Złotego Potoku (ponad 64%).

Zmianę udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ z roku na rok (2023-2024) obliczono dla 267 stacji, z których wyniki dostępne były dla obu lat. W przypadku 92 stacji zaobserwowano wzrost współczynnika udziału z roku na rok, największy, przekraczający 15% dotyczył stacji portugalskiej, 2 stacji niemieckich oraz jednej ze stacji francuskich. W przypadku 38 stacji w Europie nie zanotowano zmian przekraczających 1%. Na pozostałych 137 stacjach zanotowano spadki wskaźnika udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀, najwyższe przekraczające 20% zaobserwowano na pojedynczych stacjach z Hiszpanii, Słowacji, Chorwacji, Estonii, Turcji i Portugalii. Dla wszystkich polskich stacji tła regionalnego w 2024 roku zanotowano niewielkie spadki udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ z roku na rok, najmniejsze odpowiednio: dla Zielonki i Osieczowa (1,5%), Puszczy Boreckiej (2,6%) oraz Złotego Potoku (18,4) - Rys. 7.3.2.



Rys. 7.3.2. Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pył zawieszonym PM₁₀ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku oraz różnica w udziale w okresie 2023-2024 (źródło danych: EAS)

7.4. Depozycja zanieczyszczeń do podłoża

W tym rozdziale przedstawiono podsumowanie analiz przeprowadzonej oceny w zakresie depozycji metali ciężkich oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w Europie na obszarach tła pozamiejskiego. Ocenę przedstawiono z wykorzystaniem wartości dobowego wskaźnika depozycji.

Ocenę depozycji dla 2024 roku przeprowadzono dla wyników pomiarów prowadzonych na 50 stacjach, gdzie prowadzono pomiary pod kątem oznaczenia przynajmniej jednego z metali ciężkich i/lub jednego WWA. W 2024 roku pomiary depozycji na stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzono w 16 krajach: Austrii, Belgii, Niemczech, Danii, Hiszpanii, Finlandii, Francji, Irlandii, Litwie, Łotwie, Malcie, Polsce, Portugalii, Szwecji, Słowenii i Węgrzech. Ponad połowa europejskich stacji pozamiejskich tła (56%) zlokalizowanych było w 3 krajach: w Niemczech (17), Francji (6) i Hiszpanii (5). Pomiary depozycji na więcej niż jednej stacji wykonywano ponadto w Danii, Finlandii, Polsce i Szwecji (po 3 stacje) oraz Belgii (2). W pozostałych 8 krajach funkcjonowały pojedyncze stacje.

O liczbie stacji uwzględnionych w analizach w 2024 roku decydowały przede wszystkim pomiary metali ciężkich (44 stacji). Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oznaczane były znacznie rzadziej – na 24 stacjach.

7.4.1. Metale ciężkie

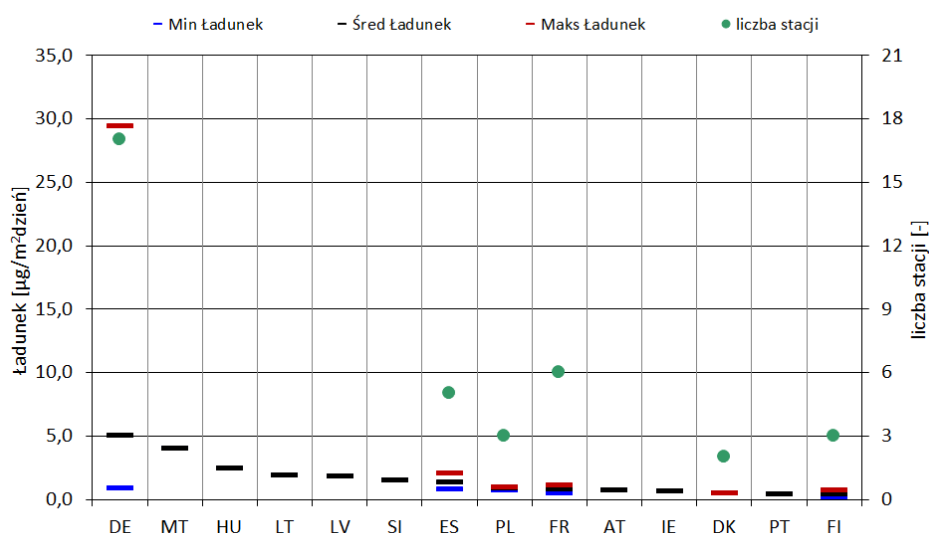
W 2024 roku pomiary zawartości metali ciężkich (arsenu, niklu i kadmu) w opadzie prowadzono na 44 stacjach pozamiejskich tła w Europie. Wartości parametrów statystycznych jako uśrednione wartości dla poszczególnych krajów dla depozycji analizowanych metali ciężkich przedstawiono w tabelach 7.4.1 - 7.4.3 oraz na rysunkach 7.4.1 - 7.4.7.

Uśredniony dobowy wskaźnik depozycji Ni na obszarach tła pozamiejskiego dla poszczególnych krajów europejskich pokazuje, że w Polsce depozycja tego metalu była na niższym poziomie od średniej europejskiej. Wyższe niż w Polsce wartości wskaźnika depozycji tego metalu uzyskano dla 7 krajów, w tym najwyższe dla Niemiec (przy bardzo dużych obserwowanych rozpiętościach wskaźnika depozycji pomiędzy stacjami), Malty i Węgier. Najniższe wartości uśrednionego wskaźnika zanotowano dla Finlandii (Tab. 7.4.1 i Rys. 7.4.1).

Tab. 7.4.1. Dobowy wskaźnik depozycji Ni (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Maks
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,657	0,657	0,657
DE	17	0,830	4,979	29,405
DK	2	0,398	0,416	0,434
ES	5	0,765	1,319	2,019
FI	3	0,146	0,347	0,701
FR	6	0,398	0,736	1,090
HU	1	2,381	2,381	2,381
IE	1	0,597	0,597	0,597
LT	1	1,832	1,832	1,832
LV	1	1,746	1,746	1,746
MT	1	3,952	3,952	3,952
PL ^{*)}	3	0,687	0,826	0,899
PT	1	0,367	0,367	0,367
SI	1	1,473	1,473	1,473
Europa	44	0,146	1,545	29,405

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.1. Średni dobowy wskaźnik depozycji Ni (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

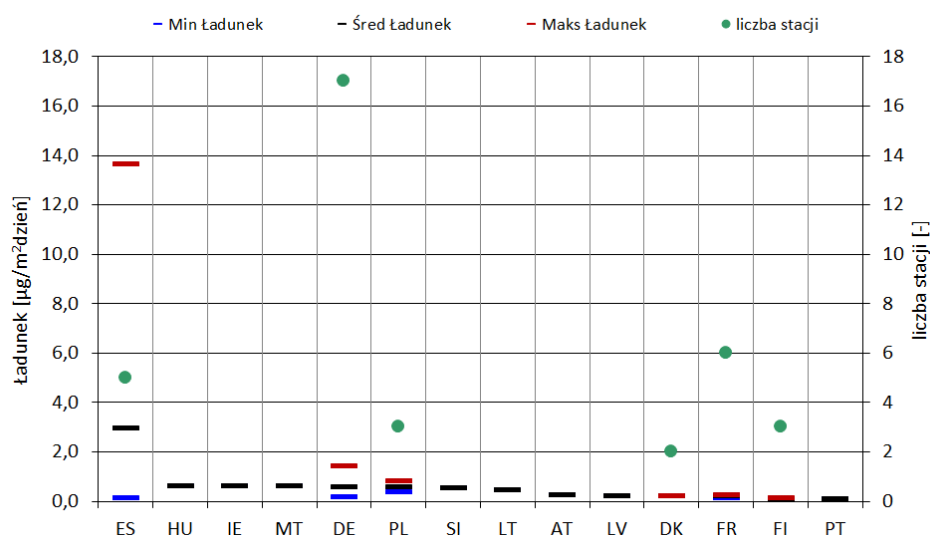
W przypadku depozycji arsenu, wartość średniego dobowego wskaźnika depozycji dla Polski w 2024 roku była niemal identyczna, jak średnia obliczona dla Europy. Wyższą wartość

wskaźnika depozycji dla As niż w Polsce, zaobserwowano dla 5 spośród 14 analizowanych krajów, w tym zdecydowanie najwyższą dla Hiszpanii, przy obserwowanych największych różnicach pomiędzy stacjami. Najniższą wartość wskaźnika depozycji As na obszarach tła pozamiejskiego w Europie zaobserwowano dla Portugalii (Tab. 7.4.2 i Rys. 7.4.3).

Tab. 7.4.2. Dobowy wskaźnik depozycji As (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	Średnia [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	Maks [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,231	0,231	0,231
DE	17	0,146	0,545	1,398
DK	2	0,165	0,179	0,192
ES	5	0,104	2,931	13,634
FI	3	0,050	0,082	0,110
FR	6	0,108	0,177	0,215
HU	1	0,604	0,604	0,604
IE	1	0,597	0,597	0,597
LT	1	0,437	0,437	0,437
LV	1	0,195	0,195	0,195
MT	1	0,574	0,574	0,574
PL ^{*)}	3	0,343	0,543	0,802
PT	1	0,048	0,048	0,048
SI	1	0,493	0,493	0,493
Europa	44	0,048	0,545	13,634

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.2. Średni dobowy wskaźnik depozycji As (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

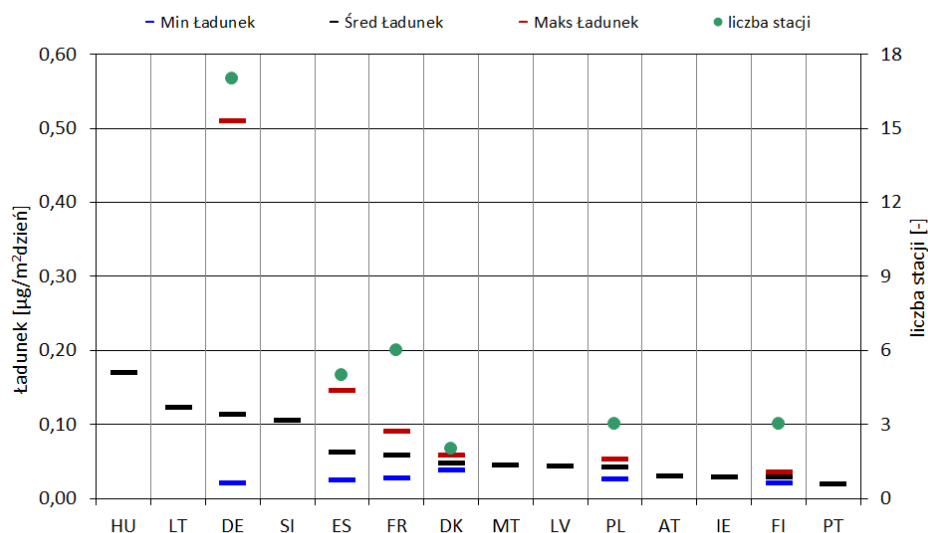
Analiza uśrednionego wskaźnika depozycji kadmu w 2024 roku na obszarach tła pozamiejskiego w Europie wskazuje na wartości w Polsce na jednym z najniższych poziomów w Europie, znacznie poniżej średniej europejskiej. Spośród 14 analizowanych krajów, niższe wartości dobowego wskaźnika depozycji na obszarach tła pozamiejskiego niż obliczony dla

Polski zaobserwowano dla 4 krajów: Austrii, Irlandii, Finlandii i Portugalii (najniższa wartość w Europie). Najwyższe wartości wskaźnika depozycji Cd uzyskano dla Węgier (Tab. 7.4.3, Rys. 7.4.5).

Tab. 7.4.3. Dobowy wskaźnik depozycji Cd (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Maks
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,029	0,029	0,029
DE	17	0,020	0,113	0,509
DK	2	0,037	0,047	0,057
ES	5	0,023	0,061	0,145
FI	3	0,019	0,027	0,035
FR	6	0,026	0,057	0,089
HU	1	0,169	0,169	0,169
IE	1	0,028	0,028	0,028
LT	1	0,122	0,122	0,122
LV	1	0,042	0,042	0,042
MT	1	0,044	0,044	0,044
PL ^{*)}	3	0,025	0,041	0,052
PT	1	0,018	0,018	0,018
SI	1	0,104	0,104	0,104
Europa	44	0,018	0,064	0,509

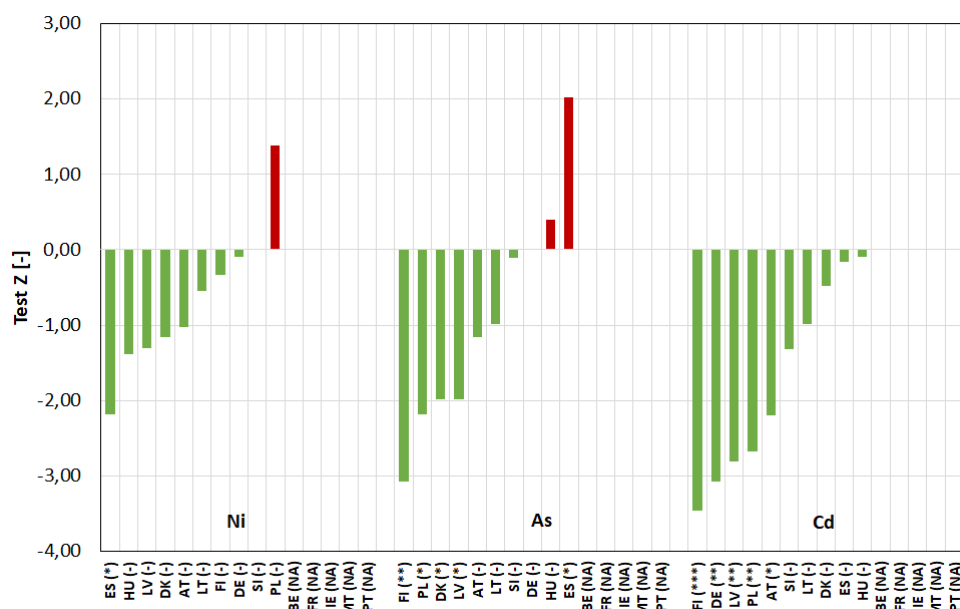
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMS Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.3. Średni dobowy wskaźnik depozycji Cd (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmienności średniego dobowego wskaźnika depozycji metali ciężkich obliczonych dla poszczególnych krajów europejskich w okresie 2010-2024 (analizy przeprowadzono dla 10 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych), wskazuje generalnie na spadki. Wyjątek stanowią: w przypadku wskaźnika depozycji Ni – Polska (z nieistotną statystycznie tendencją rosnącą) oraz w przypadku wskaźnika depozycji As –

Hiszpania (z istotnym statystycznie trendem rosnącym). Istotne statystycznie trendy malejące depozycji metali na obszarach tła pozamiejskiego w Europie obserwuje się dla Hiszpanii w przypadku depozycji niklu, Finlandii, Polski Danii w przypadku depozycji arsenu oraz Finlandii, Niemiec, Łotwy, Polski i Austrii dla depozycji kadmu. W przypadku pozostałych krajów można mówić o nieistotnych statystycznie tendencjach malejących wskaźników depozycji metali ciężkich w Europie (Rys. 7.4.4).



Rys. 7.4.4. Trendy i tendencje zmian wartości średniego dobowego wskaźnika depozycji Ni, As i Cd w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

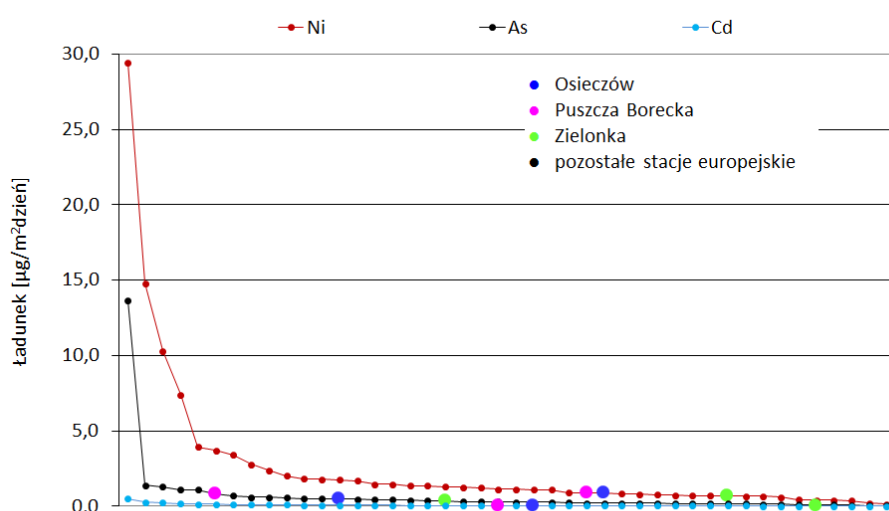
Wartości wskaźników depozycji metali ciężkich na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła Europy w 2024 roku zawierały się w granicach: 0,146-29,405 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla Ni; 0,048- 3,634 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla As oraz 0,018-0,509 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla Cd. Analiza depozycji metali ciężkich na poszczególnych europejskich stacjach pozamiejskich tła, spełniających przyjęte w opracowaniu kryteria kompletności serii (por. rozdział 2), pokazuje, że stacje tła regionalnego z Polski znajdowały się wśród stacji ze średnimi i niskimi wartościami średniego dobowego wskaźnika depozycji.

W przypadku niklu wśród 10% stacji z najwyższymi średnimi wskaźnikami depozycji (na 44 analizowane stacje) znajdowały się tylko 4 stacje niemieckie (z najwyższymi wartościami w Europie) oraz stacja maltańska. Wskaźniki depozycji tego metalu na polskich stacjach tła regionalnego uplasowały je na poziomie średnim w przypadku Puszczy Boreckiej i Osieczowa (na pozycjach 27 i 28 maksimum licząc od najwyższych wartości w Europie) oraz niskim w przypadku Zielonki (35 maksimum) - Rys. 7.4.5. Najniższe wartości wskaźnika depozycji Ni obserwowano na dwóch stacjach fińskich.

Uzyskane wartości średnich wskaźników depozycji arsenu na stacjach europejskich tła pokazują, że wśród 10% stacji z najwyższymi wartościami wskaźnika depozycji As (spośród 44 stacji wykonujących to oznaczenie), znajdowały się 4 stacje z Niemiec (w tym jedna z 3 maksimum europejskim) oraz stacja z Hiszpanii (maksimum europejskie). Uzyskane wartości średnich wskaźników depozycji As w przypadku polskich stacji tła regionalnego

różniły się między sobą znacząco. W przypadku Puszczy Boreckiej wartość wskaźnika depozycji sklasyfikowana została w strefie wartości wyższych, jako 6 maksimum licząc od wartości najwyższych, zaś Osieczów i Zielonka w strefie wartości średnich (jako 13 i 19 maksimum)- Rys. 7.4.5. Najniższe wartości średniego rocznego wskaźnika depozycji As w Europie uzyskano na stacji portugalskiej.

Analiza rozkładu średnich dobowych wskaźników depozycji kadmu na stacjach europejskich tła pozamiejskiego pokazuje, że wśród 10% stacji z najwyższymi wartościami, znajdowały się 3 stacje z Niemiec (najwyższe wartości w Europie), stacja hiszpańska i węgierska. W przypadku polskich stacji tła regionalnego, uzyskane wartości średniego dobowego wskaźnika depozycji Cd zostały sklasyfikowane poniżej średniej europejskiej - Puszcza Borecka i Osieczów blisko siebie jako 22 i 24 maksimum licząc na wartości najwyższych, zaś Zielonka jako piąta najniższa wartość w Europie (Rys. 7.4.5).



Rys. 7.4.5. Średni dobowy wskaźnik depozycji metali ciężkich na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

7.4.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Ocenę depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w Europie na obszarach pozamiejskich tła dla 2024 roku przeprowadzono z uwzględnieniem odpowiednio: 24 stacji dla benzo(a)pirenu, 22 dla benzo(a)antracenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu i dibenzo(a,h)antracenu, 20 stacji w przypadku benzo(b)fluorantenu i benzo(k)fluorantenu oraz 18 w przypadku benzo(j)fluorantenu. Wartości parametrów statystycznych dla depozycji analizowanych WWA, uśrednionych dla poszczególnych krajów, przedstawiono w tabelach 7.4.4 – 7.4.10 oraz na rysunkach 7.4.6 - 7.4.12.

Wartości przeciętne dobowych wskaźników depozycji w krajach europejskich dla obszarów tła pozamiejskiego w 2024 roku dla benzo(a)pirenu pokazują, że spośród 14 analizowanych krajów, gdzie wykonywano pomiary tego zanieczyszczenia, Polska znajdowała się nieco powyżej średniej obliczonej dla Europy. Wyższy niż w Polsce wskaźnik depozycji B(a)P zanotowano dla 5 krajów, w tym najwyższy dla Węgier. Najniższe wartości wskaźnika depozycji B(a)P uzyskano dla Portugalii (Tab. 7.4.4 i Rys. 7.4.6).

Tab. 7.4.4. Dobowy wskaźnik depozycji B(a)P (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Maks
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,004	0,004	0,004
BE	1	0,005	0,005	0,005
DE	1	0,014	0,014	0,014
DK	1	0,005	0,005	0,005
FI	2	0,002	0,012	0,022
FR	6	0,000	0,004	0,010
HU	1	0,025	0,025	0,025
LT	1	0,002	0,002	0,002
LV	1	0,004	0,004	0,004
MT	1	0,013	0,013	0,013
PL ^{*)}	3	0,006	0,009	0,014
PT	1	0,000	0,000	0,000
SE	3	0,002	0,003	0,004
SI	1	0,011	0,011	0,011
Europa	24	0,000	0,008	0,025

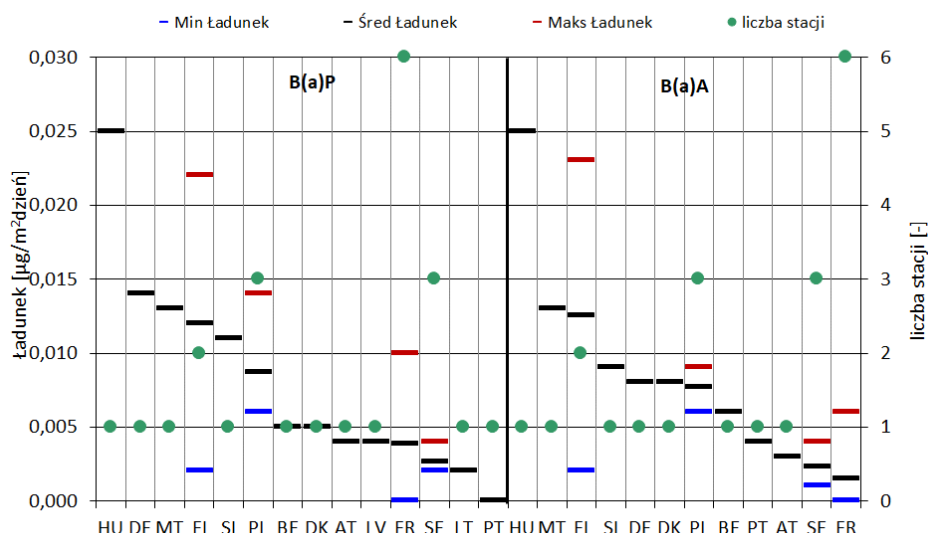
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

W przypadku uśrednionego wskaźnika depozycji benzo(a)antracenu, wyższe wartości wskaźnika depozycji niż w Polsce, uzyskano dla 5 krajów wśród 12 analizowanych, najwyższe ponownie dla Węgier. Najniższe wartości dobowego wskaźnika depozycji B(a)A uzyskano dla Francji (Tab. 7.4.5, Rys. 7.4.6).

Tab. 7.4.5. Dobowy wskaźnik depozycji B(a)A (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

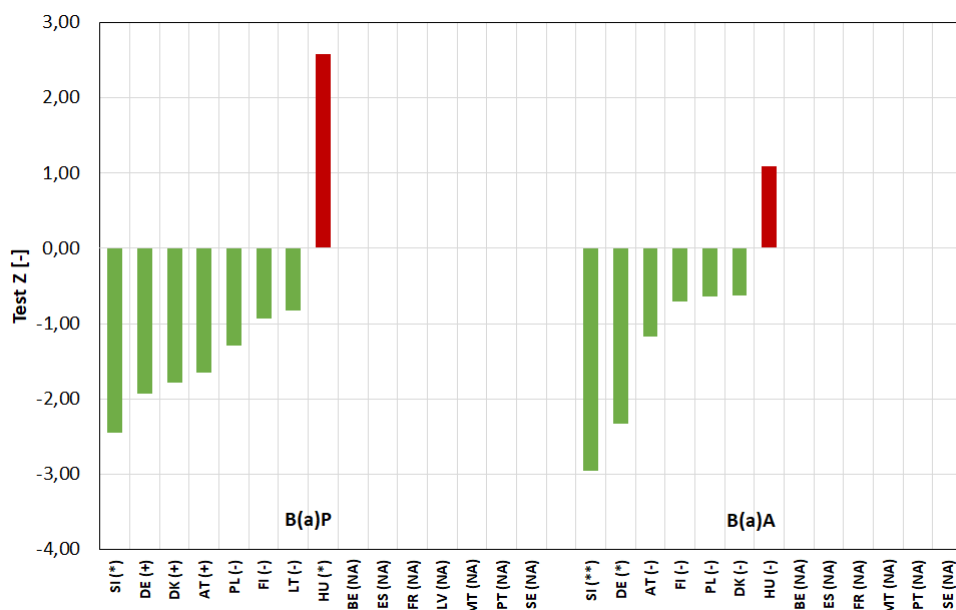
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Maks
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,003	0,003	0,003
BE	1	0,006	0,006	0,006
DE	1	0,008	0,008	0,008
DK	1	0,008	0,008	0,008
FI	2	0,002	0,013	0,023
FR	6	0,000	0,002	0,006
HU	1	0,025	0,025	0,025
MT	1	0,013	0,013	0,013
PL ^{*)}	3	0,006	0,008	0,009
PT	1	0,004	0,004	0,004
SE	3	0,001	0,002	0,004
SI	1	0,009	0,009	0,009
Europa	22	0,000	0,008	0,025

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.6. Średni dobowy wskaźnik depozycji B(a)P i B(a)A (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian wartości wskaźników depozycji w okresie 2010-2024 dla B(a)P i B(a)A, przeprowadzona odpowiednio dla 8 i 7 krajów (dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych), pokazuje bardzo zróżnicowany obraz w Europie. W przypadku depozycji B(a)P istotny statystycznie trend malejący zaobserwowano dla Słowenii (najwyraźniej zarysowany), Niemiec, Danii i Austrii, zaś dla B(a)A - tylko dla Słowenii i Niemiec. Spadki wskaźników depozycji B(a)P na poziomie nieistotnej statystycznie tendencji dotyczyły Polski, Finlandii i Litwy, zaś w przypadku B(a)A - Austrii, Danii, Finlandii, Polski. Należy podkreślić, że w przypadku Węgier obserwowany jest istotny statystycznie trend rosnący depozycji B(a)P, jako jedynego kraju w Europie, przy jednocześnie rosnącej nieistotnej statystycznie tendencji depozycji B(a)A (Rys. 7.4.7).



Rys. 7.4.7. Trendy i tendencje zmian dobowego wskaźnika depozycji B(a)P i B(a)A w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Poziom depozycji benzo(b)fluorantenu i benzo(j)fluorantenu oraz benzo(k)fluorantenu na obszarach pozamiejskich tła w 2024 roku, podobnie jak w poprzednich latach, był monitorowany na najmniejszej liczbie stacji i w nielicznych krajach.

Analizy średniego dobowego wskaźnika depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F obliczonego dla obszarów tła pozamiejskiego w 2024 roku w poszczególnych krajach, gdzie wykonywano oznaczenia tych trzech WWA, wskazuje, że w przypadku Polski wartości tych wskaźników były na poziomie średnim lub nieco niższym niż obliczone dla Europy. W przypadku B(b)F wyższe wartości średniego dobowego wskaźnika depozycji niż w Polsce obserwowano dla 2 krajów (Francji i Niemiec), dla B(j)F dla 4 krajów (Niemiec, Malty Finlandii i Danii), zaś dla B(k)F - 3 krajów (Malty, Finlandii i Danii). Najniższe wartości średniego dobowego wskaźnika depozycji dla B(b)F i B(k)F dotyczyły Austrii, zaś dla B(j)F – Szwecji (Tab. 7.4.6 - 7.4.8, Rys. 7.4.8).

Tab. 7.4.6. Dobowy wskaźnik depozycji B(b)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Maks
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,003	0,003	0,003
BE	1	0,008	0,008	0,008
DE	1	0,019	0,019	0,019
DK	1	0,013	0,013	0,013
FI	2	0,005	0,023	0,040
FR	6	0,003	0,009	0,017
MT	1	0,013	0,013	0,013
PL ^{*)}	3	0,010	0,014	0,020
PT	1	0,004	0,004	0,004
SE	3	0,003	0,005	0,007
Europa	20	0,003	0,011	0,040

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

Tab. 7.4.7. Dobowy wskaźnik depozycji B(j)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

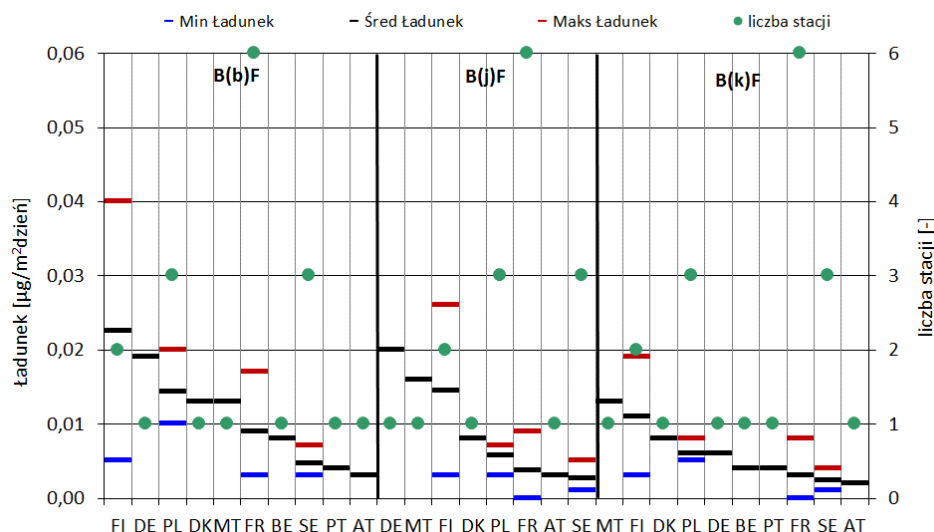
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Maks
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,003	0,003	0,003
DE	1	0,020	0,020	0,020
DK	1	0,008	0,008	0,008
FI	2	0,003	0,015	0,026
FR	6	0,000	0,004	0,009
MT	1	0,016	0,016	0,016
PL ^{*)}	3	0,003	0,006	0,007
SE	3	0,001	0,003	0,005
Europa	18	0,000	0,009	0,026

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

Tab. 7.4.8. Dobowy wskaźnik depozycji B(k)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

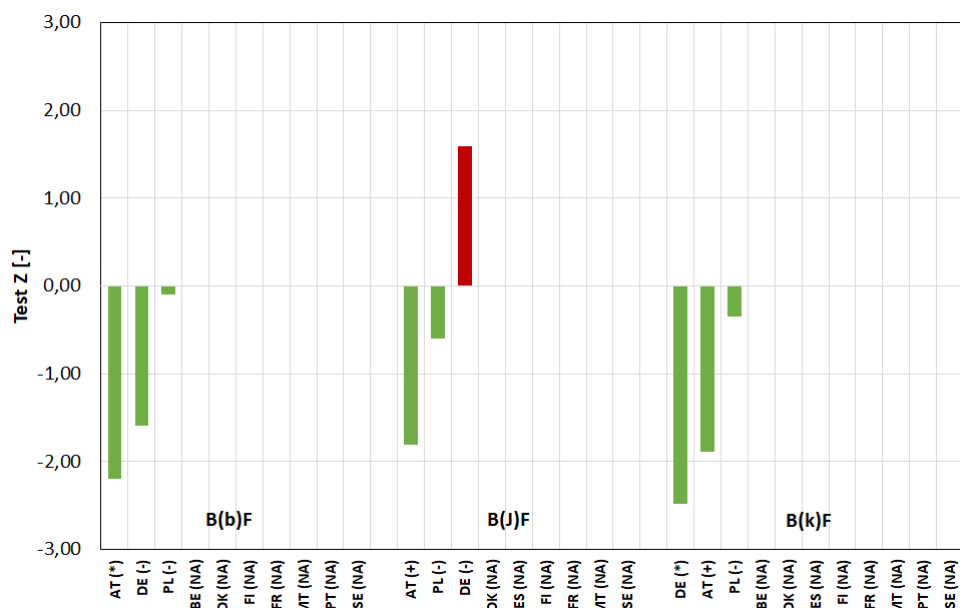
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	Średnia [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	Maks [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,002	0,002	0,002
BE	1	0,004	0,004	0,004
DE	1	0,006	0,006	0,006
DK	1	0,008	0,008	0,008
FI	2	0,003	0,011	0,019
FR	6	0,000	0,003	0,008
MT	1	0,013	0,013	0,013
PL ^{*)}	3	0,005	0,006	0,008
PT	1	0,004	0,004	0,004
SE	3	0,001	0,002	0,004
Europa	20	0,000	0,006	0,019

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.8. Średni dobowy wskaźnik depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

Ze względu na niewielką liczbę stacji i krajów w Europie, analizę zmian omówionych powyżej wskaźników depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F w latach 2010-2024, przeprowadzono jedynie dla Austrii, Niemiec i Polski. Istotnie statystycznie trendy malejące dotyczą tylko Austrii dla 3 analizowanych WWA oraz Niemiec w przypadku B(k)F. Należy podkreślić, że przypadku Niemiec zanotowano nieistotną statystycznie tendencję rosnącą dla B(j)F. W przypadku Polski zauważalna jest nieistotna statystycznie tendencja malejąca wszystkich trzech wskaźników depozycji (Rys. 7.4.9).



Rys. 7.4.9. Trendy i tendencje zmian dobowego wskaźnika depozycji B(b)F, B(j)F i B(k)F w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie, jak w przypadku wcześniej omawianych WWA, analiza wartości średnich dobowych wskaźników depozycji indeno(1,2,3-cd)pirenu i dibenzo(a,h)antracenu wskazuje, że w 2024 roku depozycja na obszarach tła pozamiejskiego w Polsce znajdowała się na poziomie średniej (lub nieco poniżej) obliczonej dla Europy. Wśród 12 krajów poddanych analizie, najwyższą wartość wskaźnika depozycji I(1,2,3-cd)P zaobserwowano dla Węgier. Wyższe niż dla Polski wartości średnie dobowe wskaźników depozycji wystąpiły również dla Słowenii, Finlandii i Malty. Nieco bardziej korzystnie dla Polski wyglądała sytuacja w przypadku D(a,h)A, dla którego poza wymienionymi krajami, wyższe wartości uzyskano również dla Austrii i Danii. Najniższe wskaźniki depozycji I(1,2,3-cd)P dotyczyły Austrii, zaś D(a,h)A – Szwecji (Tab. 7.4.9 – 7.4.10, Rys. 7.4.10).

Tab. 7.4.9. Dobowy wskaźnik depozycji I(1,2,3-cd)P (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

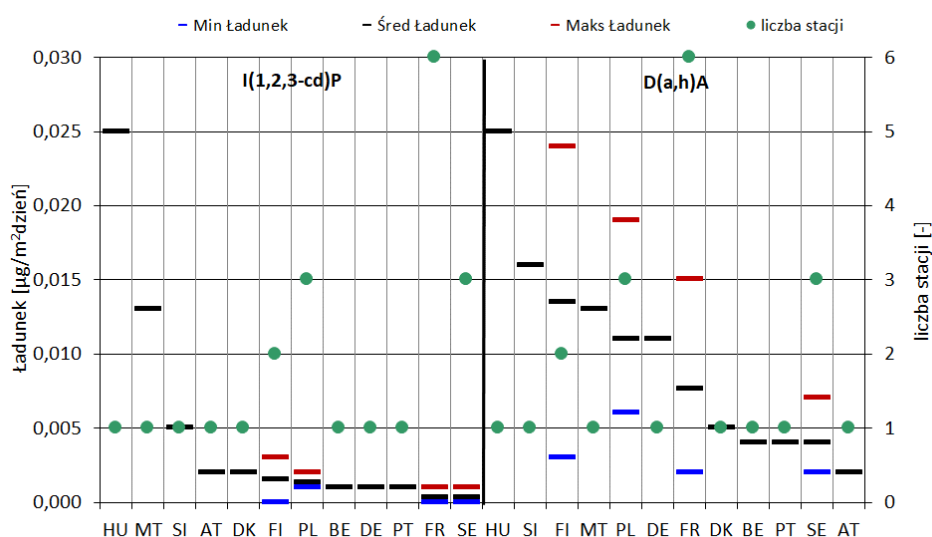
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min [µg/m ² dzień]	Średnia [µg/m ² dzień]	Maks [µg/m ² dzień]
AT	1	0,002	0,002	0,002
BE	1	0,004	0,004	0,004
DE	1	0,011	0,011	0,011
DK	1	0,005	0,005	0,005
FI	2	0,003	0,014	0,024
FR	6	0,002	0,008	0,015
HU	1	0,025	0,025	0,025
MT	1	0,013	0,013	0,013
PL ^{*)}	3	0,006	0,011	0,019
PT	1	0,004	0,004	0,004
SE	3	0,002	0,004	0,007
SI	1	0,016	0,016	0,016
Europa	22	0,002	0,010	0,025

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

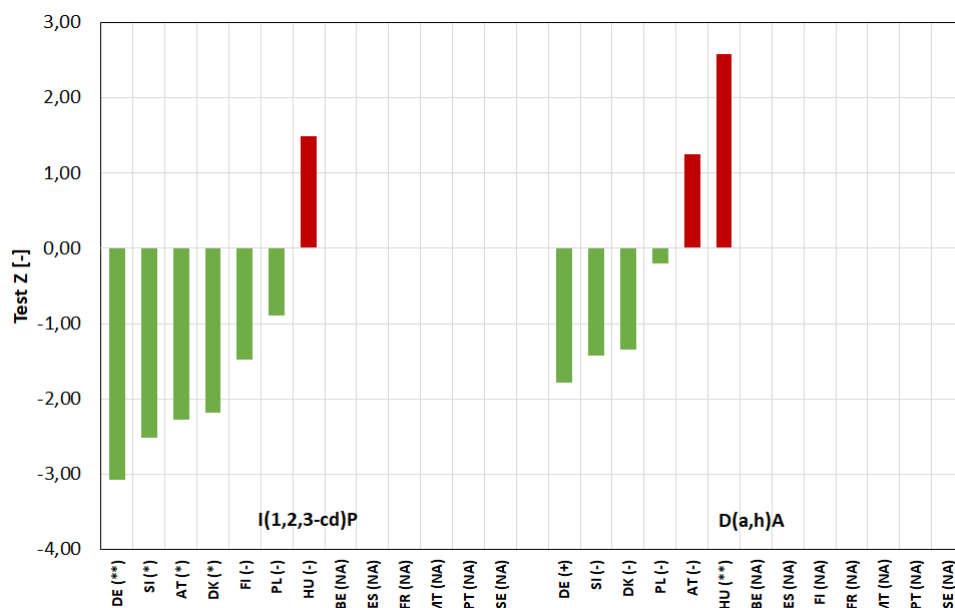
Tab. 7.4.10. Dobowy wskaźnik depozycji D(a,h)A (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w 2024 roku w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	Średnia [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	Maks [$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,002	0,002	0,002
BE	1	0,001	0,001	0,001
DE	1	0,001	0,001	0,001
DK	1	0,002	0,002	0,002
FI	2	0,000	0,002	0,003
FR	6	0,000	0,000	0,001
HU	1	0,025	0,025	0,025
MT	1	0,013	0,013	0,013
PL ^{*)}	3	0,001	0,001	0,002
PT	1	0,001	0,001	0,001
SE	3	0,000	0,000	0,001
SI	1	0,005	0,005	0,005
Europa	22	0,000	0,004	0,025

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów



Rys. 7.4.10. Średni dobowy wskaźnik depozycji I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.4.11. Trendy i tendencje zmian dobowego wskaźnika depozycji I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2024 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie, jak dla wcześniej omówionych WWA, ocena zmian wartości średnich dobowych wskaźników depozycji I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A w Europie w latach 2010-2024 wskazuje na znacznie zróżnicowanie z przewagą tendencji malejących.

Spośród 7 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych zmian wskaźników depozycji I(1,2,3-cd)P, istotne statystycznie trendy malejące dotyczyły Niemiec (o największej istotności), Słowenii, Austrii i Danii. W przypadku Finlandii i Polski zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje malejące, zaś dla Węgier - rosnące.

Analiza zmian średnich dobowych wskaźników depozycji D(a,h)A wśród 6 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych wskazuje, że istotny statystycznie trend malejący dotyczy tylko Niemiec oraz rosnący - Węgier. Warto dodać, że w przypadku Austrii obserwowana jest nieistotna statystycznie tendencja rosnąca. W przypadku Polski zauważalna jest nieistotna statystycznie tendencja malejąca (Rys. 7.4.11).

Wartości średnich dobowych wskaźników depozycji analizowanych WWA na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie przedstawiono na rysunku 7.4.12 (wartości stężeń średnich rocznych uszeregowano malejąco). Przeprowadzone analizy pokazują, że w 2024 roku w Europie roczne wskaźniki depozycji WWA zawierały się odpowiednio w granicach: 0,000-0,025 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(a)P, B(a)A, i I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A, 0,003-0,040 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(b)F, 0,000-0,026 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(j)F oraz 0,000-0,019 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(k)F.

Zestawienie wyników średnich dobowych wskaźników depozycji WWA na polskich stacjach na tle pozostałych stacji europejskich tła pozamiejskiego w Europie w 2024 roku pokazuje, że w przypadku B(a)P wśród 5 najwyższych wartości znalazły się pojedyncze stacje w kolejności od najwyższych z Węgier (maksimum europejskie), Finlandii, Niemiec, Polski (Puszcza Borecka jako 4 maksimum) oraz Malty. Pozostałe polskie stacje tła regionalnego w Osieczowie i Zielonce znalazły się tuż obok siebie w strefie wartości średnich, na pozycjach 9 i 10 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.12). Najniższe wskaźniki depozycji

wśród 26 analizowanych stacji uzyskano na stacji francuskiej, z wartością poniżej granicy oznaczalności.

W przypadku depozycji B(a)A, wartości średnich dobowych wskaźników na polskich stacjach tła regionalnego wskazują na niewielkie różnice. Najwyższe wartości wskaźnika depozycji wśród 22 analizowanych stacji zanotowano dla stacji węgierskiej (maksimum europejskie), fińskiej i maltańskiej. Wartość wskaźnika depozycji B(a)A dla polskich stacji tła regionalnego sklasyfikowały je w strefie wartości wyższych w kolejności: Puszcę Borecką jako 4 maksimum europejskie, Osieczów – 7 zaś Zielonkę jako 9 maksimum (Rys. 7.4.12). Najniższe wartości średniego dobowego wskaźnika depozycji B(a)A obserwowano na 3 stacjach francuskich (wszystkie z wartościami poniżej granicy oznaczalności).

Spośród analizowanych 20 stacji tła pozamiejskiego, wykonujących oznaczenia depozycji B(b)F w Europie, najwyższy średni dobowy wskaźnik zaobserwowano ponownie na stacji fińskiej (maksimum europejskie) oraz polskiej stacji tła regionalnego w Puszczy Boreckiej (2 maksimum) i stacji niemieckiej. Wartości wskaźników uzyskane na pozostałych polskich stacjach tła regionalnego w Osieczowie i Zielonce były bardzo zbliżone oraz sklasyfikowane na pozycjach 8 i 9 maksimum europejskiego licząc od wartości najwyższych wśród 20 stacji europejskich (Rys. 7.4.12). Najniższą wartość wskaźnika depozycji B(b)F uzyskano ponownie na stacji francuskiej (wynik poniżej granicy oznaczalności).

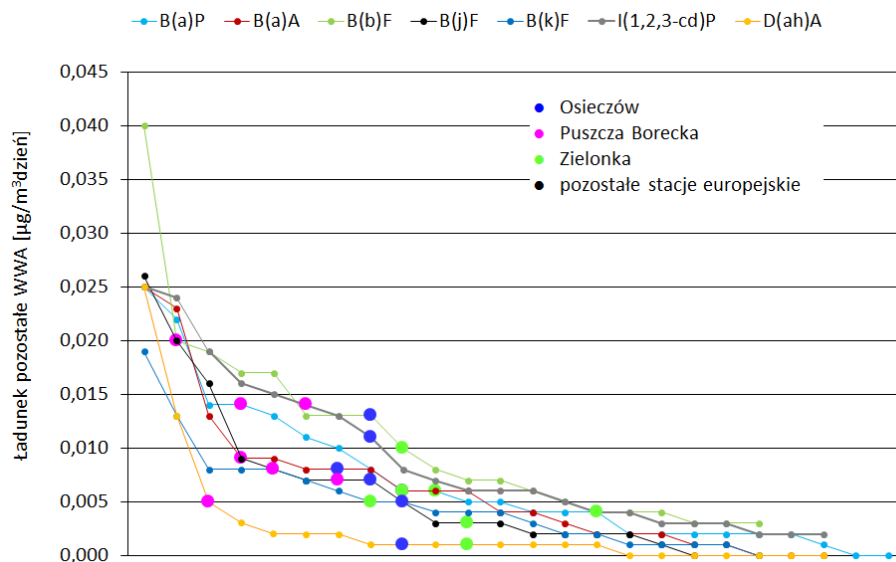
Spośród stacji tła pozamiejskiego, wykonujących oznaczenia depozycji B(j)F w Europie, najwyższy średni dobowy wskaźnik zaobserwowano ponownie na stacji fińskiej (maksimum europejskie), niemieckiej i maltańskiej. Wartości wskaźników uzyskane na polskich stacjach tła regionalnego w Puszczy Boreckiej oraz Osieczowie były identyczne oraz sklasyfikowane na pozycjach 7 i maksimum europejskiego. W przypadku Zielonki wartość wskaźnika B(b)F znalazła się wśród wartości niskich, na pozycji 11 wśród 22 analizowanych stacji licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.12). Najniższą wartość wskaźnika depozycji B(j)F uzyskano ponownie na 3 stacjach francuskich.

W przypadku rozkładu średnich dobowych wskaźników depozycji B(k)F analizowanych dla 20 stacji europejskich, najwyższe wartości w Europie wystąpiły na stacjach fińskiej, maltańskiej oraz jednej ze stacji francuskich. Wartości wskaźników depozycji B(k)F uzyskane dla polskich stacji tła regionalnego układają się w kolejności: 5 maksimum dla stacji Puszcza Borecka oraz 8 i 9 dla Zielonki i Osieczowa (Rys. 7.4.12). Najniższe wartości wskaźnika depozycji B(k)F w 2024 roku zanotowano na 3 stacjach francuskich.

Od omawianych powyżej rozkładów wskaźników pomiędzy stacjami nie odbiegał rozkład wskaźników depozycji I(1,2,3-cd)P. Najwyższe wartości wskaźnika depozycji tego WWA obserwowano na stacji węgierskiej (maksimum europejskie), fińskiej i polskiej stacji – w Puszczy Boreckiej (3 maksimum). Wartości wskaźnika depozycji uzyskane na pozostałych dwóch polskich stacjach tła regionalnego sklasyfikowały je blisko siebie (na poziomie średnim) w kolejności: Osieczów jako 9 maksimum i Zielonka jako 11 wartość licząc od najwyższych wśród 22 analizowanych (Rys. 7.4.12). Najniższy wskaźnik depozycji I(1,2,3-cd)P zanotowano na jednej ze stacji francuskich.

Podobnie do omawianych powyżej WWA wyglądał w 2024 roku rozkład zmienności średnich dobowych wskaźników depozycji D(a,h)A, gdzie analizie poddano wyniki z 22 stacji pozamiejskich tła w Europie. Najwyższe wartości tego wskaźnika zanotowano na stacji węgierskiej, maltańskiej oraz słoweńskiej. Wartości wskaźnika depozycji D(a,h)A uzyskane na polskich stacjach tła regionalnego nie różniły się znacząco, klasyfikując je odpowiednio

na pozycjach: Puszcza Borecka – 6 maksimum, Osieczów – 8 maksimum, zaś Zielonka – na pozycji 15 licząc od najwyższych wartości (Rys. 7.4.12). Najniższe wartości średniego dobowego wskaźnika depozycji D(a,h)A odnotowano na stacjach francuskich i szwedzkich (wszystkie wartości poniżej granicy oznaczalności).



Rys. 7.4.12. Średni dobowy wskaźnik depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2024 roku (źródło danych: EAŚ)

8. Podsumowanie

Emisja

Wyniki inwentaryzacji krajowej emisji pierwotnej pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} w roku 2024 pokazują wielkości o ok. 6-8% niższe od wartości szacowanych dla roku poprzedniego (przeliczonych z uwzględnieniem frakcji kondensującej). Dominującym sektorem w emisji pierwotnej pyłu było spalanie paliw, głównie spalanie węgla kamiennego i drewna w gospodarstwach domowych (1.A.4 – Inne sektory wg klasyfikacji NFR). Na kolejnych miejscach – ze znacznie mniejszym udziałem – dla grubszej frakcji znalazły się rolnictwo i procesy przemysłowe, a dla drobniejszej frakcji: transport i procesy przemysłowe.

Główne źródła prekursorów pyłu zawieszonego są różne dla poszczególnych związków: dla tlenków siarki jest to energetyczne spalanie paliw w źródłach stacjonarnych, dla tlenków azotu - spalanie paliw w sektorach: transport, inne sektory (szczególnie gospodarstwa domowe) i przemysły energetyczne, dla amoniaku – rolnictwo, a dla niemetanowych lotnych związków organicznych najistotniejsze spośród antropogenicznych źródeł, to procesy przemysłowe, w których główną rolę odgrywa stosowanie rozpuszczalników i innych produktów (do emisji krajowej nie wchodzi źródła przyrodnicze) oraz rolnictwo.

Największy udział w emisji metali ciężkich w Polsce mają przemysły energetyczne (Ni, As) oraz procesy przemysłowe (Pb, Cd). W strukturze emisji WWA w Polsce dominują procesy spalania, przy czym główną część tej emisji stanowi emisja z gospodarstw domowych (B(a)P).

Warunki meteorologiczne

W roku 2025 średnie temperatury powietrza w rejonach stacji tła regionalnego były jednymi z najwyższych w analizowanym okresie 2010-2025. Średnia temperatura dla 5 stacji była wyższa od wartości przeciętnej z wielolecia o 0,4°C, ale niższa niż w roku poprzednim o 1,4°C. Podobnie, jak w latach ubiegłych najwyższą temperaturą średnią roczną zanotowano w 2025 roku w rejonie stacji Osieczów, a najniższą – w rejonie stacji Puszcza Borecka.

W 2025 roku sumy wysokości opadów w rejonach stacji tła regionalnego były na przeciętnym poziomie – na ogół niższym w stosunku do roku poprzedniego. Najwyższe opady wystąpiły w rejonie stacji Godów i Puszcza Borecka, a najniższe w rejonie stacji Osieczów. Cechą charakterystyczną warunków opadowych w roku 2025 była – typowo – wyższa suma opadów w sezonie ciepłym niż w chłodnym.

Analiza trendów wykazała istnienie trendów i tendencji rosnących temperatury i braku trendów wysokości opadów w rejonach wszystkich stacji tła.

Cechą charakterystyczną cyrkulacji w roku 2025 nad Polskę była ponadprzeciętna częstość występowania napływu mas powietrza z kierunków północnego i południowo-zachodniego, która odbywała się kosztem napływów z kierunków północno-zachodniego, wschodniego i południowo-wschodniego w stosunku do częstości przeciętnych z wielolecia 2010-2024.

Pył zawieszony PM10 oraz oznaczane w nim metale ciężkie i WWA

Przebieg dobowych wartości stężenia pyłu zawieszonego PM10 w roku 2025 był typowy. Na wszystkich stacjach zaznaczyły się wyższe stężenia w chłodnej połowie roku. W stosunku do roku poprzedniego wartości średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM10 były wyższe na stacjach w Osieczowie i Zielonce, a niższe w Puszczy Boreckiej i na stacji monitorującej transgraniczny napływ zanieczyszczeń w Godowie. Nieznacznie wzrosła liczba dni z przekroczeniami poziomu dopuszczalnego dla pyłu zawieszonego PM10 w Osieczowie i Puszczy Boreckiej, ale na żadnej stacji 36 maksimum stężenia 24-godzinne nie przekroczyło poziomu dopuszczalnego. Po raz ósmy na żadnej stacji tła regionalnego, ani na stacji w Godowie nie odnotowano przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM10 (brak przekroczeń stwierdzono także w latach 2017, 2019, 2020, 2021, 2022 i 2023; we wcześniejszych latach miały one miejsce na stacji w Godowie).

Ocena stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w poszczególnych krajach Europy wskazuje, że w 2024 roku średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM10 w Polsce znajdowało się wśród poziomów powyżej obliczonej średniej dla Europy. Wyższe niż dla Polski wartości uzyskano dla 7 spośród 33 analizowanych krajów. W 2024 roku na stacjach pozamiejskich tła w Europie przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej określonej w celu ochrony zdrowia zanotowano tylko na 3 stacjach tureckich. Na 14 stacjach funkcjonujących w 5 krajach w 2024 roku wystąpiło przekroczenie dobowej wartości dopuszczalnej (5 stacji tureckich i włoskich, dwóch stacji hiszpańskich oraz po jednej stacji zlokalizowanej w Bośni i Hercegowinie oraz Francji). Przeprowadzona analiza statystyczna trendów stężeń pyłu zawieszonego PM10 w okresie 2010-2024 w poszczególnych krajach Europy wskazuje na zauważalne istotne statystycznie spadki. Taka sytuacja dotyczy 21 spośród 29 krajów, w tym Polski.

W latach 2010-2025 na żadnej stacji tła w Polsce nie zanotowano przekroczeń wartości normowanych dla metali ciężkich (poziomu dopuszczalnego ustanowionego dla Pb w pyłe zawieszonym PM10 i poziomów docelowych dla As, Cd i Ni oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10). Stężenia średnie roczne wyniosły kilka procent poziomu docelowego/dopuszczalnego z wyjątkiem arsenu w Osieczowie (18% poziomu docelowego) i w Godowie (12% poziomu docelowego). W 2025 roku na wszystkich stacjach zaobserwowano spadki stężeń metali ciężkich (odnosząc wartość z roku 2025 do średniej z wielolecia), za wyjątkiem niklu w Puszczy Boreckiej, gdzie nie odnotowano zmiany. Analiza trendów w okresie 2010-2025 wykazała na wszystkich stacjach trendy lub tendencje malejące. W stosunku do wartości z roku 2024 stwierdzono: wzrost stężenia dla niklu na wszystkich stacjach poza Osieczowem, dla arsenu wzrost stężenia w Godowie i Zielonce, a spadek na dwóch pozostałych stacjach, dla kadmu wzrost stężenia w Puszczy Boreckiej i Zielonce, a dla ołowiu wzrost stężenia tylko w Godowie.

Analiza stężeń średnich rocznych metali ciężkich oznaczanych w pyłe zawieszonym PM10 w Europie w 2024 roku pokazuje, że na obszarach tła pozamiejskiego stężenia metali ciężkich w Polsce z wyjątkiem Ni, były jednymi z najwyższych w Europie. Analiza trendów stężeń średnich rocznych metali ciężkich w poszczególnych krajach Europy w okresie 2010-2024

pokazuje generalne tendencje spadkowe. Wyjątek stanowią Rumunia, Polska, Norwegia i Węgry w przypadku Ni, oraz Bułgaria dla As, Cd i Pb z nieistotnymi statystycznie wzrostami.

Przeprowadzona analiza WWA zawartych w pyłe zawieszonym PM₁₀ pokazuje, że w okresie 2010-2025 średnie roczne stężenia WWA na większości stacji wykazują istotne statystycznie trendy i tendencje spadkowe (poza D(a,h)A w Puszczy Boreckiej). W 2025 roku – podobnie, jak rok wcześniej – tylko w Godowie średnie roczne stężenie benzo(a)pirenu przekroczyło poziom docelowy. We wcześniejszych latach zdarzało się to również w Osieczowie.

W 2024 roku analiza uśrednionych w poszczególnych krajach europejskich rocznych stężeń WWA oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀ na obszarach pozamiejskich tła wskazuje na najwyższe poziomy w Polsce w przypadku wszystkich WWA, z wyjątkiem I(1,2,3-cd)P, dla którego wyższe stężenie zanotowano dla Węgier. Analiza zmian stężeń średnich rocznych WWA zawartych w pyłe zawieszonym PM₁₀ w poszczególnych krajach europejskich w okresie 2010-2024 wskazuje na generalne tendencje spadkowe. Wyjątek stanowią Hiszpania i Węgry w przypadku D(a,h)A, z nieistotnymi statystycznie tendencjami rosnącymi.

Pył zawieszony PM_{2,5} i oznaczane w nim jony oraz węgiel

W roku 2025 na żadnej stacji tła w Polsce nie zanotowano przekroczenia stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM_{2,5} w stosunku do poziomu dopuszczalnego.

We wcześniejszych latach notowano przekroczenia wartości normatywnych na stacji w Godowie. Na wszystkich stacjach, poza Godowem, odnotowano wzrost stężenia średniego rocznego pyłu zawieszonego PM_{2,5} w stosunku do poprzedniego roku i na wszystkich spadek w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2024. Dla wszystkich stacji stwierdzono istotny statystycznie trend malejący stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} na obszarach tła pozamiejskiego w 2024 roku obliczone dla Polski znajdowało się w strefie stężeń nieco powyżej średniej europejskiej. Wyższe wartości uśrednione dla kraju niż w Polsce, uzyskano dla 5 krajów. Przekroczenie rocznego poziomu dopuszczalnego wystąpiło na 4 stacjach (2 tureckich oraz po jednej w Bośni i Hercegowinie oraz we Włoszech). Analiza trendów zmian stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych krajach w okresie 2010-2024 wskazuje na spadki, z wyjątkiem Węgier. W przypadku 19 krajów, w tym w Polsce, obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące.

Głównym składnikiem kształtującym stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} na wszystkich stacjach tła w Polsce jest węgiel organiczny. Wśród anionów oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} na stacjach – poza Puszcą Borecką i Zielonką – dominował w 2025 roku jon siarczanowy, a na drugim miejscu był jon azotanowy (w Puszczy Boreckiej i Zielonce odwrotnie). Wśród oznaczanych kationów dominował jon amonowy, a najmniej było magnezowego. Zmiany stężeń składników oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} w roku 2025 w stosunku do 2024 wskazywały na wzrost na wszystkich stacjach dla jonu azotanowego, wzrost na czterech stacjach dla chlorków, na trzech dla jonów wapniowego, potasowego i węgla organicznego, na dwóch dla jonów magnezowego, sodowego, oraz

węgla elementarnego i na jednej dla jonu amonowego. Dla jonów siarczanowych stwierdzono spadek stężenia na wszystkich stacjach.

Uzyskane w 2024 roku stężenia średnie roczne w krajach europejskich na obszarach pozamiejskich tła dla jonów oznaczanych w pyłe zawieszonym PM_{2,5} wskazują Polskę, jako kraj z wartościami w okolicach średniej obliczonej dla Europy. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku OC i EC, gdzie stężenia w Polsce były najwyższe w Europie. Analiza trendów stężeń średnich rocznych składników pyłu zawieszonego PM_{2,5} w okresie 2010-2024 pokazuje, że w przypadku Polski obserwuje się potwierdzone statystycznie trendy malejące, z najwyższym wskaźnikiem istotności wśród krajów europejskich dla jonów: SO₄²⁻, NO₃⁻, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ oraz NH₄⁺. Należy podkreślić, że w przypadku Polski, wśród analizowanych składników pyłu zawieszonego PM_{2,5} tylko w przypadku OC obserwuje się nieistotną statystycznie tendencję rosnącą.

Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀

W Polsce na stacjach tła regionalnego udział zawartości pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ w okresie 2010-2025 był wysoki i w ostatnim roku zawierał się w granicach od 61% w Zielonce do 77% w Osieczowie i Puszczy Boreckiej, a na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie wyniósł 76%. W stosunku do początkowych lat pomiarów na wszystkich stacjach udział drobnej frakcji w stężeniu pyłu zawieszonego PM₁₀ z biegiem czasu malał.

Wśród krajów europejskich, największy średni udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ obliczony na obszarach pozamiejskich tła w 2024 roku charakteryzował się znaczącą zmiennością w granicach od 40% do ponad 100% (dotyczy danych z Rumunii). W 2024 roku w przypadku Polski, średni udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ wyniósł 70% i był jednym z wyższych w Europie. Wzrost udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ z roku na rok zaobserwowano dla 8 krajów. W przypadku Polski zanotowano spadek udziału pyłu zawieszonego PM_{2,5} w PM₁₀ z roku na rok o blisko 5%.

Depozycja

Wskaźniki depozycji niklu w roku 2025 w stosunku do średniej z lat 2010-2024 zmalały na jednej ze stacji, na których badana jest depozycja całkowita – Osieczów. Wskaźniki dla arsenu zmalały na dwóch stacjach – Osieczów i Puszcza Borecka; dla kadmu zmalały na dwóch stacjach – Osieczów i Zielonka.

Analiza krajowych wartości średnich dobowych wskaźników depozycji metali ciężkich na obszarach tła pozamiejskiego w Europie obliczonych dla 2024 roku wskazuje na zróżnicowane poziomy. Uzyskane wartości wskaźników depozycji dla Polski były na poziomie średniej dla Europy w przypadku Ni i As oraz poniżej średniej w przypadku Cd. Zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich w krajach europejskich w latach 2010-2024 wskazują na spadki. Wyjątek stanowią: Polska w przypadku Ni oraz Hiszpania i Węgry w przypadku As, z tendencjami rosnącymi.

W 2025 roku odnotowano najwyższe wskaźniki depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na stacji Osieczów, niższe na stacji Puszcza Borecka, a najniższe na stacji Zielonka. W okresie 2010-2025 odnotowano tendencję wzrostową wszystkich wskaźników depozycji WWA w Zielonce, a spadkową w Puszczy Boreckiej. W Osieczowie tendencja wzrostowa dotyczyła B(a)A, B(b)F i B(j)F, a malejąca B(a)P, I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A.

Wartości średnich dobowych wskaźników depozycji WWA w 2024 roku obliczone dla krajów europejskich na obszarach tła pozamiejskiego pokazują, że w przypadku Polski wartości te były bliskie średniej europejskiej. Analiza zmian wartości wskaźników depozycji WWA w okresie 2010-2024 pokazuje bardzo zróżnicowany obraz w Europie. W przypadku depozycji B(a)P, B(a)A, I(1,2,3-cd)P oraz D(a,h)A zaobserwowano tendencje rosnące w przypadku Węgier, dla B(j)F w Niemczech, a dla D(a,h)A dodatkowo również w Austrii. W przypadku Polski można mówić o nieistotnych statystycznie tendencjach malejących dla wszystkich analizowanych WWA.

9. Bibliografia

Prace wykonane na zlecenie GIOŚ w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska

1. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2024 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2025.
2. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2023 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2024.
3. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2022 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2023.
4. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2021 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2022.
5. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2020 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2021.
6. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2019 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2020.
7. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2018 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2019.
8. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2017 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2018.
9. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2016 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2017.
10. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2015 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2016.
11. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2014 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2015.
12. Skotak K., Degórska A., Prządka Z.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2013 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2014.
13. Skotak K., Degórska A., Prządka Z., Śnieżek T.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2012 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2013.
14. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Śnieżek T.: Ocena zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi i WWA oraz ocena składu pyłu PM2,5 na stacjach tła regionalnego w Polsce w latach 2010-2011. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2012.

15. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2024. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2025.
16. Degórska A., Skotak K., Syrzycki M., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2023. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2024.
17. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2022. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2023.
18. Degórska A., Skotak K., Syrzycki M., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2021. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2022.
19. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2020. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2021.
20. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2019. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2020
21. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2018. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2019
22. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2017. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2018
23. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2016. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2017
24. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2015. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2016
25. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2014. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2015
26. Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2013. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2014.
27. Bogucka M., Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Śnieżek T.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2012. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2013.
28. Śnieżek T., Degórska A., Prządka Z., Skotak K., Bogucka M.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce dla potrzeb EMEP, GAW/WMO i Komisji Europejskiej. Raport syntetyczny 2011. Inspekcja Ochrony Środowiska, 2012.

Publikacje dostępne na stronach [www](http://www.gios.gov.pl)

29. Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2024. Raport syntetyczny. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy; Warszawa, 2026.
30. Ochrona środowiska 2025. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2025.

Przepisy prawne i wytyczne

31. Guidance on the quantification of the contribution of natural sources under the EU Air Quality Directive 2008/20/EC. Draft version 2. European Commission, DG Environment. May 2010.
32. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str. 1 oraz Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4).
33. Dyrektywa 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 (Dz. Urz. UE L 23 z 26.01.2005, str. 3, Dz. Urz. UE L 87 z 31.03.2009, str. 109 oraz Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4).
34. Dyrektywa Komisji (UE) 2015/1480 z dnia 28 sierpnia 2015 r. zmieniająca niektóre załączniki do dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE i 2008/50/WE ustanawiających przepisy dotyczące metod referencyjnych, zatwierdzania danych i lokalizacji punktów pomiarowych do oceny jakości powietrza (Dz. Urz. UE L 226 z 29.08.2015, str. 4)
35. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2021-2025. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, 2020, Warszawa.
36. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2016-2020. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, 2015, Warszawa.
37. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2013-2015. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, 2012, Warszawa.
38. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2010-2012. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2009. Warszawa.
39. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2025. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2024
40. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2024. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2023
41. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2023. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2022
42. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2022. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2021
43. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2021. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020
44. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2020. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020
45. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2021, poz. 845)
46. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012, poz. 2031)
47. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz.U. z 2024 r. poz. 870)

- 48. 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)
- 49. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2018, poz. 1119)
- 50. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012, poz. 1032)
- 51. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2025 poz. 647 t.j.)

Bazy danych

- 52. Bank danych pomiarowych GIOŚ.
- 53. Dane publiczne IMGW-PIB.
- 54. AirBase - The European air quality database.
- 55. Air Quality e-Reporting (AQ e-Reporting).
- 56. CAMS <https://atmosphere.copernicus.eu/>

Publikacje metodyczne

- 57. Gibbons R.D, Coleman D.E. 2001. "Statistical Methods for Detection and Quantification of Environmental Contamination"
- 58. Gilbert R.O. 1987 "Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring"