



Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

**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**



Praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska i sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Warszawa, 2022

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: Anna Degórska, Krzysztof Skotak Zdzisław Prządka.

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

Spis treści

1.	Wprowadzenie	3
2.	Przyjęte w opracowaniu założenia, kryteria i oznaczenia	5
3.	Struktura emisji w Polsce	9
4.	Opis stacji	16
5.	Charakterystyka warunków meteorologicznych	22
6.	Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach tła	27
6.1.1.	Pył PM10	28
6.1.2.	Metale ciężkie w pyłe PM10	31
6.1.3.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM10	38
6.2.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM2,5	44
6.2.1.	Pył PM2,5	44
6.2.2.	Skład pyłu PM2,5	49
6.3.	Udział pyłu PM2,5 w pyłe PM10	58
6.4.	Stężenie pyłu podczas epizodów napływu powietrza zwrotnikowego znad północnej Afryki nad Polskę	61
6.5.	Depozycja zanieczyszczeń do podłoża	70
6.5.1.	Metale ciężkie	70
6.5.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	76
7.	Ocena zanieczyszczenia powietrza na tle wyników z innych krajów	83
7.1.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM10	83
7.1.1.	Pył PM10	83
7.1.2.	Metale ciężkie w pyłe PM10	86
7.1.3.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyłe PM10	95
7.2.	Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM2,5	106
7.2.1.	Pył PM2,5	106
7.2.2.	Jony zawarte w pyłe PM2,5	109
7.3.	Udział pyłu PM2,5 w pyłe PM10	125
7.4.	Depozycja zanieczyszczeń do podłoża	127
7.4.1.	Metale ciężkie	127
7.4.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	132
8.	Podsumowanie	141
9.	Bibliografia	146

1. Wprowadzenie

Raport opracowany został w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie, w ramach umowy GIOŚ/ZP/6/2021/DMŚ/NFOŚ Instytutu i Głównego Inspektoratu 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 2021. 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 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 Żłotym 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 2010-2021. 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.

Przed rozpoczęciem analiz, wszystkie wyniki pomiarów z Polski poddano wstępnej analizie, weryfikacji i ocenie. Przyjęte w opracowaniu kryteria selekcji danych są zgodne

¹ Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2021. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020

² Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2020 poz. 1219, z późn. zm.)

³ Dyrektyw 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)

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 2021 w odniesieniu do roku wcześniejszego oraz w odniesieniu do całego okresu prowadzenia w Polsce tego typu pomiarów (wykorzystując uśrednione wartości dla okresu 2010-2020). Porównanie wyników w analizowanym 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 porównania 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 2010-2020. 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.

Ocenę w niniejszym opracowaniu przeprowadzono 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 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 2020, najbardziej aktualnych danych dotyczących inwentaryzacji emisji wykonanej na poziomie krajowym. W opracowaniu pokazano wielkości emisji z roku 2020 oraz dodatkowo odniesiono się do 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 po raz pierwszy 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 2010-2021 były wyniki obserwacji temperatury, wysokości opadu atmosferycznego oraz prędkości wiatru prowadzone na pięciu stacjach: w Częstochowie, Chojnicach, Legnicy, Raciborzu i w Suwałkach. Stacje te zlokalizowane są w regionach, w których funkcjonują omawiane w opracowaniu stacje PMŚ. Analizy warunków meteorologicznych przeprowadzono na podstawie danych IMGW-PIB. Ze względu na różne źródła danych meteorologicznych w latach poprzednich (do 2016 roku były to dane z Global Surface Summary of the Day - GSOD, prowadzonego przez Krajowe Centrum Danych Klimatycznych Amerykańskiej Narodowej Służby Oceanicznej i Meteorologicznej – NOAA), wyniki w niniejszym opracowaniu mogą się różnić w stosunku do prezentowanych w poprzednich opracowaniach. 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 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,
oraz dibenzo(a,h)antracenu.

benzo(k)fluorantenu,

indeno(1,2,3-cd)pirenu

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 2012, poz. 1031). Dotyczy to pyłu zawieszonego PM₁₀ i zawartych w nim Ni, As, Cd i Pb oraz B(a)P oraz pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

W analizach uwzględniono serie pomiarowe, które spełniały kryteria minimalnej kompletności serii i minimalnego pokrycia czasu w roku, określone w *Rozporządzenia 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”. W 2021 roku uzyskano obniżoną kompletność wyników dla pyłu PM_{2,5} i jego składników na stacji Godów (51%) i serii wyników z tej stacji nie uwzględniono w tegorocznym raporcie.

Udział pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe 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 dane pomiarowe poddano dalszemu opracowaniu, mającemu na celu wykrycie i analizę trendów stężenia w powietrzu i opadach oraz depozycji dla każdej z substancji zakwaszających. Do wykrywania i analizy trendów w rocznych seriach danych charakteryzujących stężenie i depozycję zanieczyszczeń opadów 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). Dopuszczają braki danych i nie wymagają, 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

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)

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)

bardzo prawdopodobne (***). Poziom 0,01 oznakowano (**), 0,05 (*) a 0,1 – oznaczający 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, na których w kolejnych latach okresu 2010-2020 prowadzono pomiary danego zanieczyszczenia, spełniające opisane powyżej kryteria selekcji danych. W opracowaniu przyjęto założenie, że wszystkie wyniki w bazie AirBase są zweryfikowane (nie korygowano wartości z wyjątkiem zmiany jednostek). 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 PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ uwzględniono serie danych ze stacji, na których wykonywano równoległe pomiary obu rodzajów pyłu w danym roku analizowanego okresu 2010-2020. 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 KMŚ 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 Monitoringu Środowiska

Pozostałe skróty:

S24 – stężenie średnie dobowe (w przypadku udziału pyłu PM_{2,5} w pyle PM₁₀ – wartość uśredniona z obliczonych udziałów dla każdej doby),

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

pył PM2,5 - 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 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 PM10 i PM2,5, prekursorów pyłu drobnego oraz składników oznaczanych w pyłach PM10 i opadach na stacjach tła regionalnego: metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Zaprezentowano dane z roku 2020, jako ostatnie dostępne. Pochodzą one z opracowania „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2020. Raport syntetyczny”⁸. Po raz trzeci raport został opracowany w oparciu

⁸ „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2020. Raport syntetyczny”. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy; Warszawa, 2022

o obowiązującą obecnie strukturę źródeł emisji w układzie klasyfikacji NFR (*Nomenclature for Reporting*). W opracowaniu tym przy inwentaryzacji emisji pyłu po raz pierwszy 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. 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 2020 krajowa emisja pyłu PM10 wyniosła 340,43 Gg, a pyłu PM2,5 – 254,53 Gg. W stosunku do emisji z roku 2019 (przeliczonej z uwzględnieniem frakcji kondensującej) wielkości emisji PM10 i PM2,5 były zbliżone - odpowiednio o 0,8% i 0,4% mniejsze niż rok wcześniej. Natomiast w stosunku do wielkości z roku 2010 (również przeliczonej z uwzględnieniem frakcji kondensującej) odnotowano spadek emisji pyłu PM10 o blisko 28% a pyłu PM2,5 o 31%. W tabeli 3.1 zestawiono wielkości emisji pyłu z głównych źródeł.

Tab. 3.1. Emisja pyłu PM10 i PM2,5 w Polsce z głównych źródeł emisji w 2020 roku (źródło danych: KOBiZE)

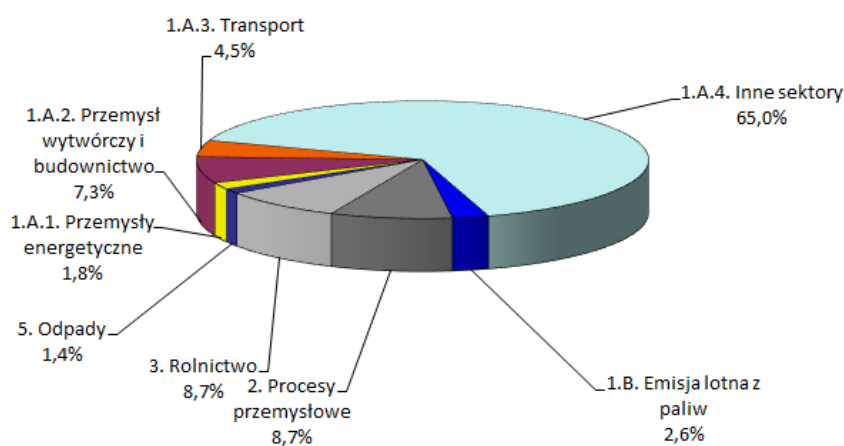
Źródła emisji	PM10	PM2,5
	[Gg]	[Gg]
1. Energia	276,57	238,37
A. Spalanie paliw	267,50	236,87
1. Przemysły energetyczne	6,27	3,55
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	24,76	23,54
3. Transport	15,35	10,99
4. Inne sektory	221,12	198,79
B. Emisja lotna z paliw	9,07	1,50
1. Lotna emisja z paliw stałych	8,82	1,38
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	0,25	0,11
2. Procesy przemysłowe	29,59	8,34
A. Produkty mineralne	18,30	2,83
B. Przemysł chemiczny	3,29	2,32
C. Produkcja metali	1,71	1,09
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	4,59	0,61
G. – L. Inne	1,69	1,49
3. Rolnictwo	29,61	3,29
B. Nawozy naturalne	12,49	2,55
D. Gleby rolne	17,04	0,66
F. Spalanie resztek roślinnych	0,08	0,08
5. Odpady	4,66	4,53
A. Składowiska odpadów stałych	0,01	0,00
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	1,64	1,53
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00
E. Inne	3,01	3,01
Suma	340,43	254,53

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

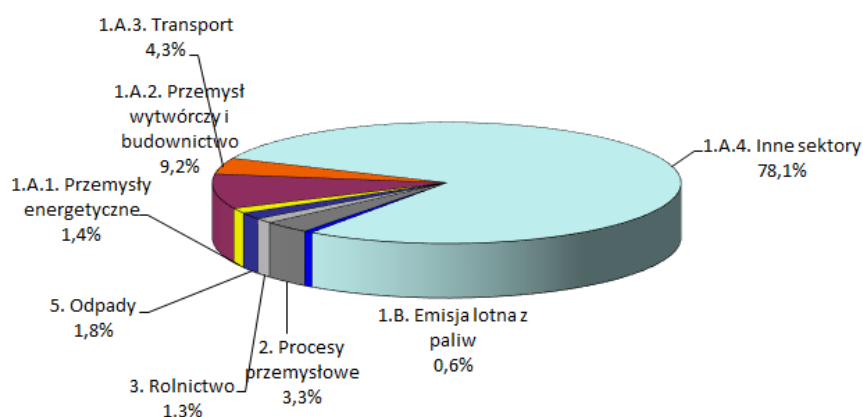
Dominującym sektorem w krajowej emisji pierwotnej pyłu są źródła należące do kategorii 1 *Energia*. W roku 2020 z tego sektora pochodziło 81% pyłu PM10 i 93,6% pyłu drobnego PM2,5. W kategorii 1 najistotniejszą rolę odgrywa sektor 1.A *Spalanie paliw* z udziałami w całości emisji odpowiednio 79% dla PM10 i 93% dla PM2,5. Większość emisji pyłu PM10 pochodziła w 2020 roku z kategorii 1A4. *Inne sektory* – 65%, drugie i trzecie miejsca zajmowały sektor 2. *Procesy przemysłowe* i 3. *Rolnictwo* (po 8,7%). Największa część emisji PM2,5 pochodziła w 2020 roku z sektora 1A4. *Inne sektory* (78%) i była związana głównie ze spalaniem węgla kamiennego i drewna w gospodarstwach domowych. Na kolejnych miejscach – ze znacznie mniejszym udziałem w całkowitej emisji pyłu PM2,5 – znalazły się sektory: 1A2. *Przemysł wytwórczy i budownictwo* (9,2%) oraz 1A3. *Transport* (4,3%).

Po uwzględnieniu frakcji kondensującej znacząco wzrósł udział sektora 1.A.4 w całkowitej emisji pyłu zawieszonego.

PM10



PM2,5



Rys. 3.1. Główne sektory emisji pierwotnej pyłu PM10 i PM2,5 w Polsce w 2020 roku (źródło danych: KOBIZE)

Biorąc pod uwagę emisję pyłu w roku 2020 z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza należy stwierdzić, że blisko 19,4% emisji krajowej z tego typu zakładów miało źródło w województwie śląskim⁹. Na kolejnym miejscu znalazło się województwo mazowieckie (z udziałem w emisji krajowej wynoszącym 9,7%), a na następnych: kujawsko-pomorskie (7,9%), wielkopolskie, zachodniopomorskie i łódzkie (po ok. 7%). Listę zamykają województwa podlaskie i warmińsko-mazurskie (nieco ponad 2% emisji pyłu z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza w Polsce).

Główne źródła prekursorów pyłu drobnego 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 ten w roku 2020 odpowiadał za 98% krajowej emisji SO₂. 44% emisji pochodziło z sektora 1A1 Przemysły energetyczne, 37,5% z sektora 1A4 Inne sektory, a 18% z sektora 1A2 Przemysł wytwórczy i budownictwo. Emisja SO₂ w roku 2020 była o 3% mniejsza niż w roku 2019 i o 48% mniejsza od szacowanej dla roku 2010.

Największym źródłem tlenków azotu wyemitowanych w Polsce było spalanie paliw w sektorach: 1A3 Transport (35%, z czego większość stanowił transport drogowy), 1A1 Przemysły energetyczne (21%) i 1A4 Inne sektory (19%). Emisja NO_x zmniejszyła się o 5% w stosunku do wartości z roku poprzedniego i o 29% w stosunku do roku 2010.

Tab. 3.2. Emisja prekursorów pyłu w Polsce z głównych sektorów w 2020 roku (źródło danych: KOBIZE)

Źródła emisji	SO ₂ [Gg]	NO _x [Gg]	NH ₃ [Gg]	NMLZO* [Gg]
1. Energia	421,99	502,43	4,12	302,48
A. Spalanie paliw	415,18	499,01	4,03	215,68
1. Przemysły energetyczne	182,76	124,45	0,00	3,02
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	75,90	50,93	0,10	50,23
3. Transport	0,64	210,56	3,66	35,51
4. Inne sektory	155,89	113,08	0,30	126,91
B. Emisja lotna z paliw	6,80	3,41	0,06	86,80
1. Lotna emisja z paliw stałych	0,01	0,01	0,03	52,77
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	6,80	3,40	0,03	34,04
2. Procesy przemysłowe	9,79	17,52	4,37	237,81
A. Produkty mineralne	0,00	0,00	0,00	0,00
B. Przemysł chemiczny	4,37	15,06	4,22	5,68
C. Produkcja metali	2,78	1,42	0,00	0,91
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	0,00	0,00	0,01	182,69
G. – L. Inne	2,63	1,04	0,14	48,53
3. Rolnictwo	0,01	71,83	311,49	124,32
B. Nawozy naturalne	0,00	5,00	141,49	116,32
D. Gleby rolne	0,00	66,80	169,96	7,99
F. Spalanie resztek roślinnych	0,01	0,03	0,04	0,01
5. Odpady	0,10	2,13	0,84	6,39
A. Składowiska odpadów stałych	0,00	0,00	0,00	3,81
B. Biogazownie rolnicze	-	-	0,17	-
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	0,10	2,13	0,00	2,55
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00	0,68	0,03
E. Inne	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	431,89	593,91	320,82	671,00

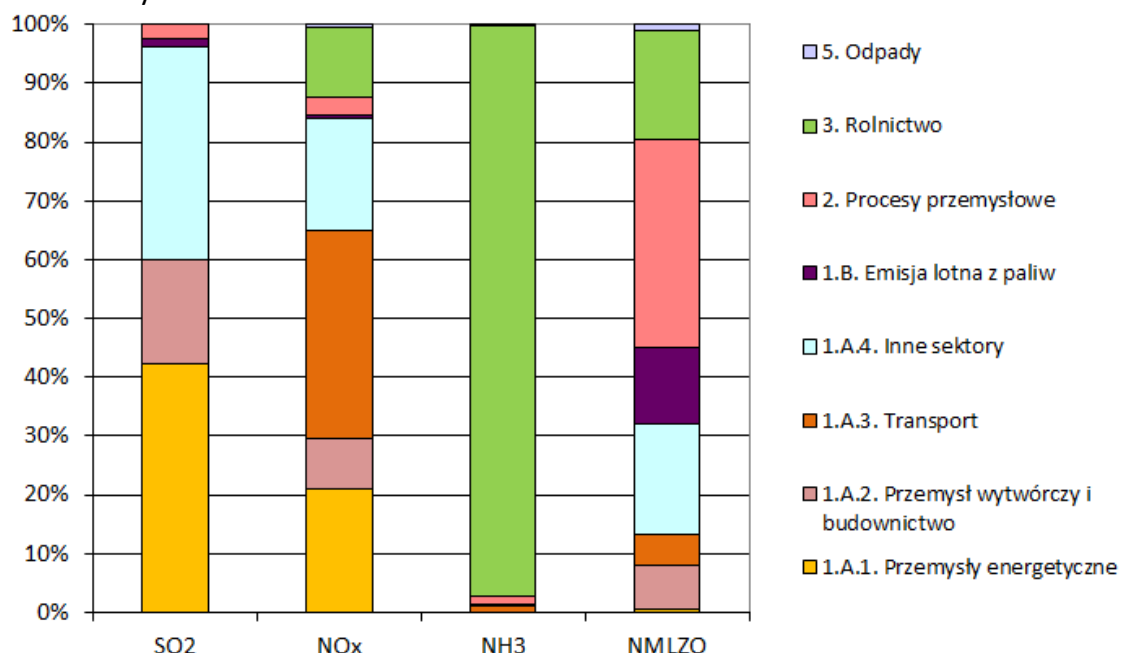
*NMLZO – 279,3 Gg ze źródeł naturalnych, nie wliczane do sumy krajowej

⁹ Ochrona środowiska 2020. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2020

Zasadniczym źródłem emisji amoniaku są źródła należące do kategorii 3 Rolnictwo, które odpowiada za 97% emisji NH_3 (dominują kategorie związane ze stosowaniem nawozów naturalnych i mineralnych). Całkowita emisja amoniaku w roku 2020 była o ok. 3% niższa od notowanej w roku 2019 i o 3,5% mniejsza niż w 2010 r.

Największy udział w emisji niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) ma sektor 2 *Procesy przemysłowe* (35% emisji antropogenicznej), w którym emisja pochodzi głównie z sektora 2D *Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów*. Kolejnymi kategoriami źródeł emisji NMLZO są również sektory 3 *Rolnictwo* i 1A4 *Inne sektory* z udziałem po 19%. Emisję NMLZO ze źródeł naturalnych (lasów) szacuje się na 279,3 Gg w 2020 roku. 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 0,4% większą wartość emisji ze źródeł antropogenicznych, a w stosunku do wartości z roku 2010 emisja była mniejsza o 13%.

Udział poszczególnych kategorii źródeł w krajowej emisji prekursorów pyłu w 2020 roku pokazano na rys. 3.2.



Rys. 3.2. Główne sektory emisji prekursorów pyłu wtórnego w Polsce w 2020 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.

Tab. 3.3. Emisja metali ciężkich i WWA w Polsce z głównych sektorów w 2020 roku (źródło danych: KOBiZE)

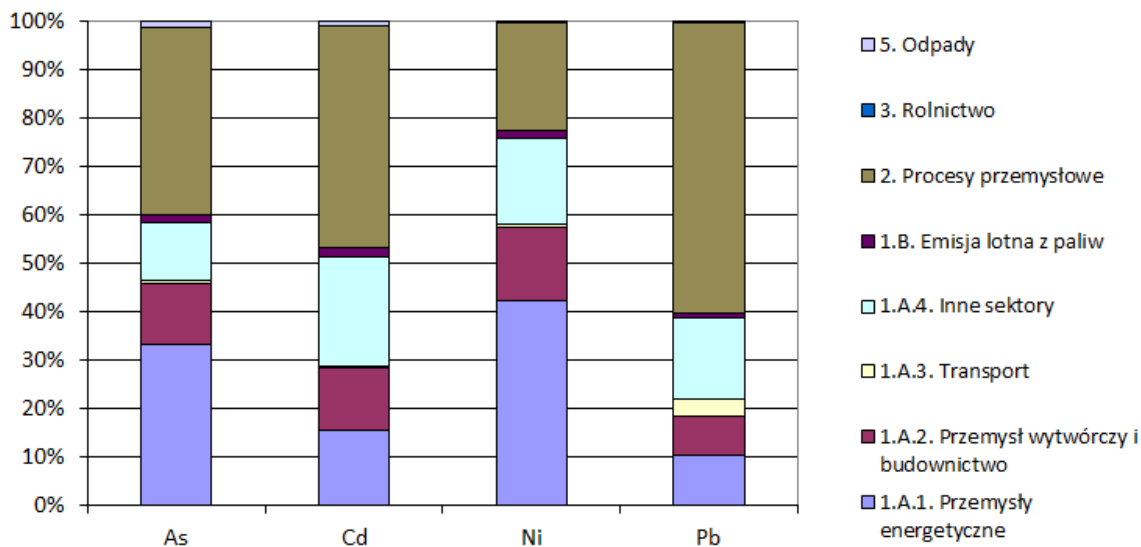
Źródła emisji	As	Cd	Ni	Pb	WWA
	[Mg]	[Mg]	[Mg]	[Mg]	[Mg]
1. Energia	8,56	5,22	55,92	98,39	222,72
A. Spalanie paliw	8,33	5,04	54,85	95,31	218,59
1. Przemysły energetyczne	4,77	1,52	30,64	25,22	0,29
2. Przemysł wytwórczy i budownictwo	1,77	1,25	10,78	20,07	0,49
3. Transport	0,10	0,04	0,54	9,07	1,45
4. Inne sektory	1,69	2,23	12,90	40,95	216,36
B. Emisja lotna z paliw	0,23	0,19	1,07	3,09	4,13
1. Lotna emisja z paliw stałych	0,10	0,05	0,93	2,96	4,13
2. Lotna emisja z systemu gazu ziemnego i ropy naftowej	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00
2. Procesy przemysłowe	5,57	4,50	16,27	148,13	5,56
A. Produkty mineralne	0,77	0,48	1,61	7,14	0,00
B. Przemysł chemiczny	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00
C. Produkcja metali	4,80	3,41	13,17	137,72	3,43
D. Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów	0,00	0,00	0,04	0,00	2,12
G. – L. Inne	0,01	0,36	1,46	3,28	0,01
3. Rolnictwo	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
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	0,01	0,00	0,00	0,03
5. Odpady	0,16	0,07	0,05	0,55	4,59
A. Składowiska odpadów stałych	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C. Spopielanie i otwarte spalanie odpadów	0,16	0,07	0,05	0,55	4,59
D. Gospodarka ściekami	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E. Inne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	14,29	9,80	72,24	247,07	232,90

Dominującym źródłem emisji ołowiu, kadmu i arsenu jest sektor 2. *Procesy przemysłowe*, którego udział w całkowitej stanowi 60% emisji Pb, 46% emisji Cd i 39% emisji As. W przypadku niklu największym źródłem jest spalanie paliw w sektorze 1A1. *Przemysły energetyczne* – 42%. Również emisja arsenu z tego sektora jest na znacznym poziomie – 33%.

W tym miejscu warto wspomnieć, że w roku 2020 9% arsenu, 43% kadmu, 42% ołowiu i 20% niklu emitowanych z zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza pochodziło z zakładów zlokalizowanych w województwie śląskim¹⁰. Największy udział w emisji krajowej arsenu miały zakłady z województwa dolnośląskiego, z których pochodziło 48% As, a niklu – województwo mazowieckie z udziałem w emisji krajowej na poziomie 34%.

Strukturę źródeł emisji metali ciężkich pokazano na Rys. 3.3.

¹⁰ Ochrona środowiska 2021. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2021



Rys. 3.3. Główne sektory emisji metali ciężkich w Polsce w 2020 roku (źródło danych: KOBiZE)

Emisja WWA do powietrza została oszacowana na podstawie oceny wielkości emisji 4 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* - 93% krajowej emisji w 2020 roku, a główną część tej emisji stanowiła emisja z gospodarstw domowych. 2,4% krajowej emisji pochodziło z sektora 2. *Procesy przemysłowe*, a 2% z sektora 5 *Odpady*. W stosunku do 2019 roku emisja WWA była o 2% większa, a w stosunku do roku 2010 – o 37% 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 obarczone znaczną niepewnością. Do tego typu źródeł zalicza się:

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

4. Opis stacji

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 *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*¹³ (a to z kolei stanowiło nowelizację *Rozporządzenia z dnia 13 września 2012 r.*¹⁴) (transponującym zapisy *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy*¹⁵ oraz *Dyrektywy 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*¹⁶ i *Dyrektywę 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*¹⁷) pomiary składu chemicznego pyłu zawieszonego i depozycji całkowitej metali

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

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)

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 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);

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)

ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, prowadzi się w Polsce w co najmniej trzech punktach pomiarowych tła regionalnego. Obowiązek ten, jako odrębne zadanie, został również uwzględniony w Programie Państwowego Monitoringu Środowiska^{18,19} i Wykonawczym Programie Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2020. Monitoring jakości powietrza²⁰ oraz w Wykonawczym Programie Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2021. Monitoring jakości powietrza²¹. Podstawowymi celami wykonywania tych pomiarów jest przede wszystkim 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 PM_{2,5} 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**,

oraz dwie dodatkowe stacje (zlokalizowane w województwie śląskim), które badają 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".

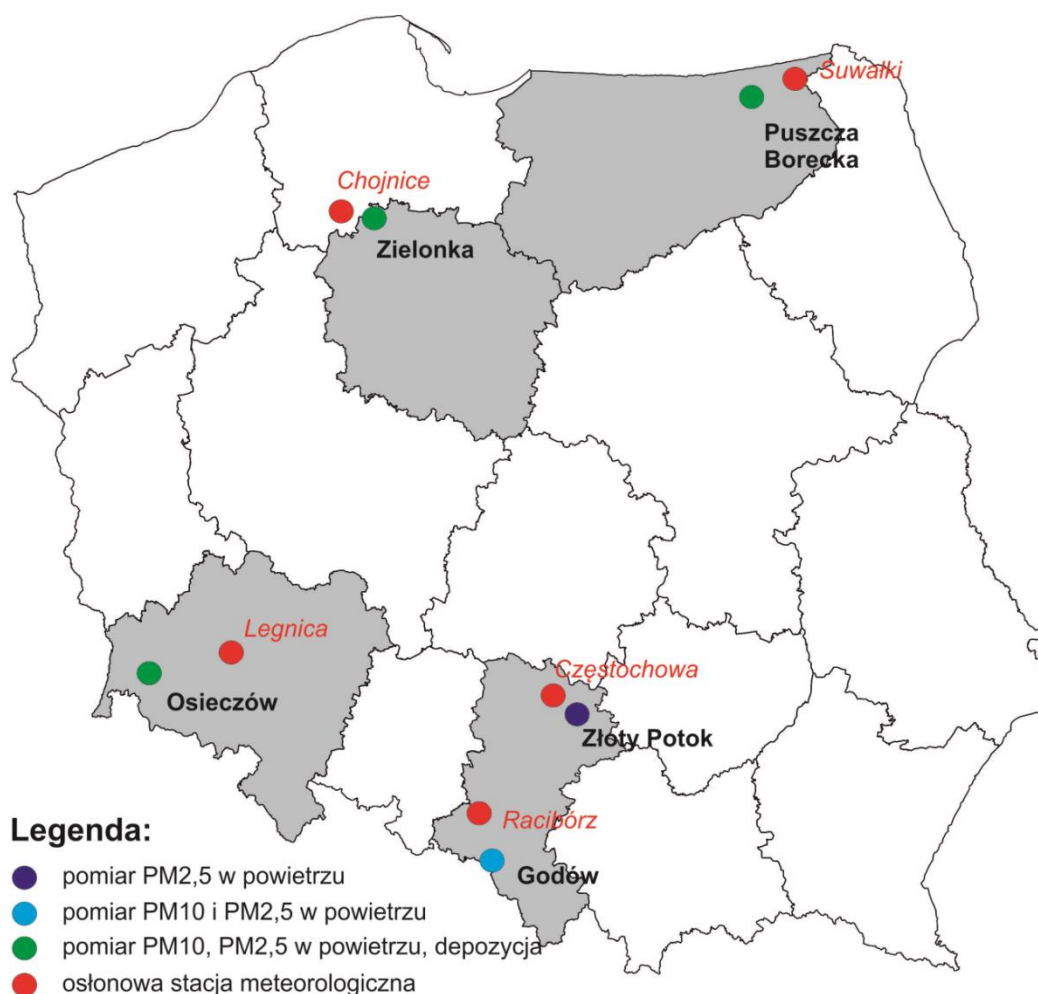
Lokalizację stacji tła regionalnego w Polsce oraz stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie wraz ze stacjami osłonowymi pokazano na mapie (Rys. 4.1).

¹⁸ Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2013-2015. Główny Inspektor Ochrony Środowiska. Warszawa 2012

¹⁹ Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2016-2020. Główny Inspektor Ochrony Środowiska. Warszawa 2015

²⁰ Wykonawczy Program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2020. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020

²¹ Wykonawczy Program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2021. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020



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 również 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 2010-2021 (rozdział 5). W tabeli zaznaczono również elementy programu pomiarowego realizowanego w roku 2021.

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°09'04" 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 2021					
Pył 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 PM2,5	PM2.5	+	+	+	+
	SO42-	+	+	+	+
	NO3-	+	+	+	+
	Cl-	+	+	+	+
	Mg2+	+	+	+	+
	Ca2+	+	+	+	+
	Na+	+	+	+	+
	K+	+	+	+	+
	NH4+	+	+	+	+
	EC	+	+	+	+
	OC	+	+	+	+
Depozycja	Ni		+	+	
	As		+	+	
	Cd		+	+	
	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

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

GODÓW

Jednostka prowadząca pomiary/analizy:

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

Laboratoria wykonujące pomiary i analizy:

- *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 PM10:
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As,
 - oznaczanie stężeń B(a)P,
- ✓ pył PM2,5:
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ,
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Jelenia Góra*)

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 PM10:
 - pomiary stężenia pyłu (*Legnica*),
 - 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 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 oraz Centralne Laboratorium Analiz Środowiskowych CentLab IOŚ-PIB*
- *Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze (EC i OC)*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM10:
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As,
 - 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,
- ✓ pył PM2,5:
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ,
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (Zabrze),
- ✓ opady/depozycja:
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As,
 - 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.

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 we Wrocławiu, Pracownia w Jeleniej Górze (EC i OC)*

Zakres analiz/pomiarów:

- ✓ pył PM10:
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń Cd, Pb, Ni, As,
 - 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,
- ✓ pył PM2,5:
 - pomiary stężenia pyłu,
 - oznaczanie stężeń jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ,
 - oznaczanie stężeń węgla elementarnego (EC) i organicznego (OC) (*Jelenia Góra*),
- ✓ opady/depozycja:
 - oznaczanie stężeń Cd, Ni, As,
 - 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.

Badania metali w 2021 r. – przygotowanie próbek (mineralizacja) w okresie 3.05.2021-20.06.2021 wykonane zostały przez CLB Oddział w Szczecinie, w okresie 30.08.2021-3.10.2021 badania metali wykonane zostały przez CLB Oddział w Katowicach, Pracownia w Częstochowie, w okresie 4.10.2021-31.10.2021 przez CLB Oddział w Kielcach.

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

5. Charakterystyka warunków meteorologicznych

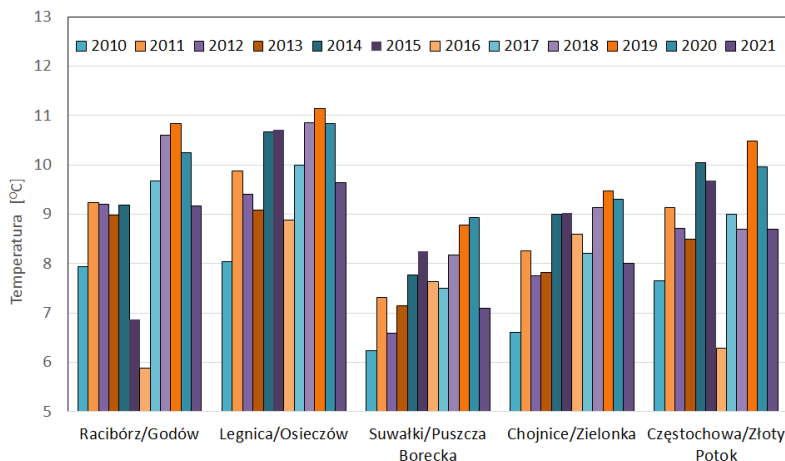
W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe informacje dotyczące zmienności wybranych parametrów meteorologicznych w roku 2021 na tle okresu 2010-2020. W ocenie uwzględniono zmiany temperatury, wysokości opadu, kierunku napływu mas powietrza nad Polskę (wg kierunków cyrkulacji dobowych liczonych metodą IMGW-PIB i liczby dni ze średnią prędkością wiatru równą i wyższą niż 10 m/s). Analizę warunków meteorologicznych w rejonach stacji tła przeprowadzono na podstawie danych IMGW-PIB, pochodzących z wybranych stacji osłonowych – reprezentatywnych dla analizowanych stacji tła (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 następnych rozdziałach, obliczono na podstawie wyników pomiarów wysokości opadu atmosferycznego, pochodzących z kolektorów zlokalizowanych na poszczególnych stacjach tła regionalnego

Temperatura powietrza

Temperatura powietrza jest głównym parametrem meteorologicznym mającym bezpośredni i pośredni 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, zaś przy bardzo wysokich temperaturach zwiększa się produkcja energii (i tym samym emisja zanieczyszczeń) potrzebnej do zasilania urządzeń chłodzących. Obie sytuacje, przy niesprzyjających warunkach rozpraszania zanieczyszczeń (powolny ruch mas powietrza lub cisze wiatrowe) przyczyniają się do powstawania sytuacji epizodycznych, smogowych.

W roku 2021 w rejonach stacji tła średnie temperatury powietrza były na poziomie, niższym (o 1,1°C) niż w wieloleciu i niższym niż w roku ubiegłym (o 0,3 °C). W stosunku do poprzedniego okresu (2010-2020) największy spadek temperatury (-0,7°C) zanotowano dla rejonu stacji Puszcza Borecka. Dodatnią różnicę temperatur (0,2°C) zanotowano w rejonie stacji Godów. Najwyższe temperatury w roku 2021 zanotowano w rejonie Stacji Osieczów, a najniższe – w rejonie Puszczy Boreckiej, podobnie jak w latach ubiegłych. W wieloleciu (2010-2020) najchłodniejszymi okresami były lata 2010 i 2016, od którego to roku temperatury na stacjach tła generalnie rosły, by w roku 2021 spaść.

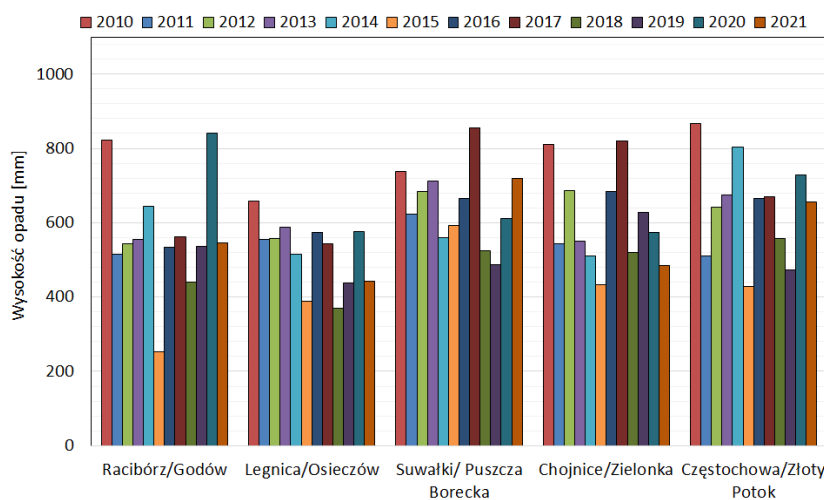


Rys. 5.1. Średnie roczne wartości temperatury powietrza w latach 2010-2021 w rejonach stacji tła regionalnego. Źródło danych: IMGW-PIB.

Cechą charakterystyczną warunków termicznych obserwowanych na większości stacji oślonowych w roku 2021 była wyjątkowo chłodna zima (I-II, XII) i względnie ciepłe lato. Dla okresu 2010-2021 obserwuje się tendencję wzrostową temperatury uśrednionej dla wszystkich analizowanych stacji o tendencji 1,5°C /10 lat, pomimo względnie dużego spadku wartości temperatury w roku 2021 na większości stacji.

Opad atmosferyczny

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



Rys. 5.2. Sumy roczne wysokości opadu w latach 2010-2021 w rejonach stacji tła regionalnego. Źródło danych: IMGW-PIB.

W 2021 roku sumy wysokości opadów w rejonach stacji tła regionalnego były na niższym poziomie niż w latach poprzednich (-5%) i na niższym poziomie w stosunku do roku poprzedniego (-15%). Najwyższe opady w roku 2021 wystąpiły w rejonie stacji Puszcza

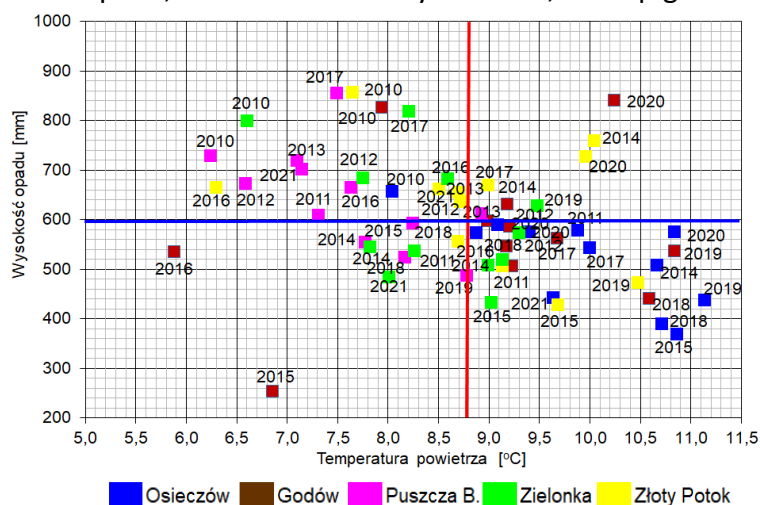
Borecka, a najniższe – w rejonie stacji Złoty Potok. Przeważały opady w ciepłej połowie roku, jak zwykle bywało. Na większości stacjach najwyższe opady wystąpiły w lipcu-sierpniu, a nie w maju-czerwcu jak notowano w ostatnich latach. W okresie mroźnej zimy ponad przeciętne opady na większości stacji, przeważnie w postaci śniegu, wystąpiły w styczniu, a bardzo niskie – w lutym. Najbardziej bezopadowym okresem był luty-marzec, a nie kwiecień, jak w bywało ostatnich latach. W okresie 2010-2021 obserwowano słabo zaznaczoną tendencję spadkową opadów uśrednionych dla wszystkich analizowanych stacji (77mm/10 lat), do czego przyczyniły się przede wszystkim takie lata o najniższych opadach, jak 2011, 2015 i 2018-2019.

Cechą charakterystyczną warunków opadowych obserwowanych na stacjach w roku 2021 był spadek sum opadów na większości stacjach osłonowych względem wielolecia 2010-2020 i roku 2020 oraz utrzymanie się przewagi opadów letnich nad zimowymi na poziomie zbliżonym do przeciętnego. Był to rok o przeciętnej skali zmienności opadów - od najniższych w okresie luty-marzec do najwyższych w lipcu-sierpniu.

Warunki termiczno-opadowe

Charakterystykę warunków termiczno-opadowych dla rejonów każdej stacji tła w okresie 2010-2021 obrazuje rysunek 5.3. Linię pionową i poziomą wyznaczono na podstawie wartości średnich obliczonych dla wszystkich stacji osłonowych z okresu analizowanych 11 lat odpowiednio dla temperatury powietrza (kolor czerwony) i wysokości sumarycznych opadów (kolor niebieski). Punkt przecięcia się tych linii wyznacza przeciętne wartości temperatury powietrza (8,8°C) i wysokości opadu (594 mm) dla rozważanego okresu.

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 PMS z reguły nie przekraczają poziomu błędów pomiarów), o tyle reprezentatywność wysokości opadów jest dużo mniejsza, gdyż należą one do najbardziej zmiennych w przestrzeni i czasie elementów meteorologicznych. Stąd też wysokości opadów na stacjach osłonowych i na stacjach tła mogą się różnić od siebie. Różnice te mogą być pogłębione z powodu stosowania innej metody pomiaru. Na stacjach meteorologicznych IMGW-PIB stosowane są deszczomierze Hellmanna, umieszczone na wysokości 1 m n.p.g., natomiast na stacjach tła - kolektory opadu o większej średnicy komory wlotu opadu, umieszczone na wysokości 1,5 m n.p.g.



Rys. 5.3. Charakterystyka warunków termiczno-opadowych w latach 2010-2021 dla uśrednionych wartości temperatury i wysokości opadu dla 5 stacji tła. Źródło danych: IMGW-PIB).

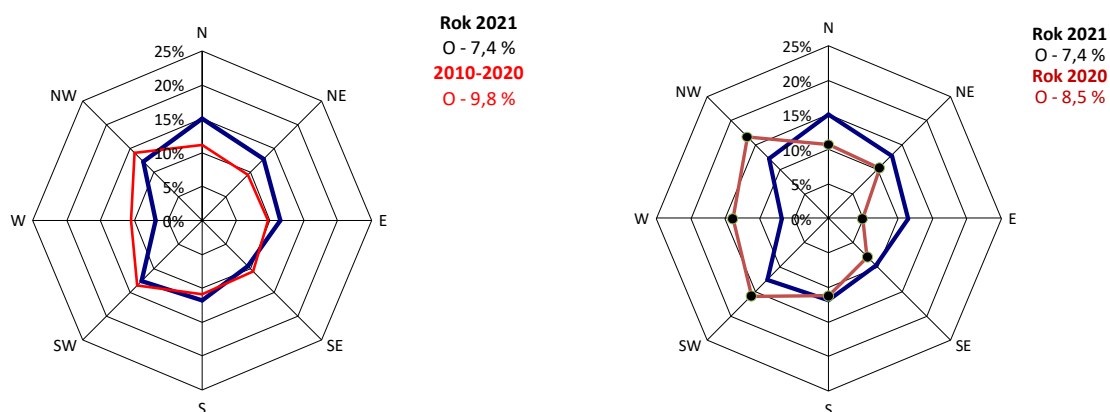
W roku 2021 i w całym analizowanym wieloleciu najcieplejszym obszarem był rejon stacji Osieczów, natomiast najchłodniejszym - rejon stacji Puszcza Borecka. Najwyższe opady wystąpiły w rejonie stacji Puszcza Borecka, a najniższe – w rejonie stacji Osieczów. Natomiast najbardziej zbliżonym do przeciętnych warunków meteorologicznych w wieloleciu pod względem temperatury i opadów były rejon stacji Godów i Złoty Potok.

Kierunek napływu mas powietrza

Przedstawione poniżej cyrkulacje powietrza charakteryzują przeciętne kierunki napływu mas powietrza dla całego obszaru Polski i częstości występowania typu cyrkulacji „zerowej” z niekreślonym kierunkiem napływu mas powietrza (dane IMGW-PIB). Cyrkulacja atmosferyczna, jako element wieloskalowy, lepiej odzwierciedla przemieszczanie się mas powietrza niż kierunki wiatru zmierzone na stacjach, uwarunkowane orografią terenu i szatą roślinną.

W roku 2021 nad Polskę napływały najczęściej masy powietrza z kierunku północnego (około 15%) i północno-wschodniego (około 13%). Najrzadziej napływały masy powietrza z kierunku zachodniego (około 7%). Jak przedstawiono na rysunku 5.4 w latach ubiegłych masy powietrza napływały najczęściej z kierunków północno-zachodniego i południowo-zachodniego (po około 14%), natomiast najrzadziej obserwowano napływy masy powietrza z kierunku północno-wschodniego. Sytuacje braku wyróżnionego kierunku cyrkulacji (O) w 2021 roku trwały przez około 7% czasu, czyli znacznie krócej niż w przeciętnym roku z wielolecia (10%). Należy zaznaczyć, że cyrkulacji „zerowej” nie można utożsamiać zawsze z pogodą bezwietrzną, gdyż notowano w tych okresach porywy wiatru powyżej 10 m/s, podobnie jak przy cyrkulacji z określonymi kierunkami wiatru (np. przy cyrkulacji antycyklonalnej).

Na tle poprzedniego okresu (2010-2020) najczęstszy napływ mas powietrza w roku 2021 z kierunków sektora północno-wschodniego (N-NE-E) odbywał się kosztem kierunków z sektora zachodniego (NW-W-SW).



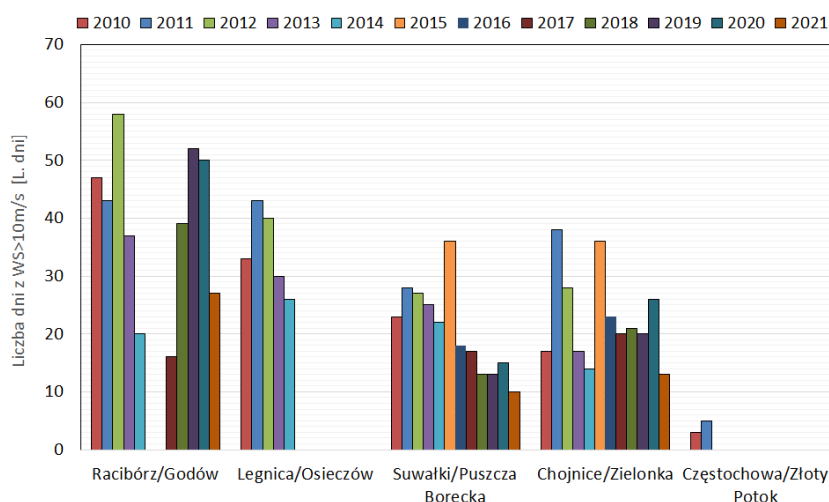
Rys. 5.4. Częstość występowania kierunków cyrkulacji atmosferycznej w roku 2021 na tle okresu poprzedniego 2010-2020 i roku poprzedniego. Źródło danych: IMGW-PIB.

Podsumowując można stwierdzić, że w roku 2021 cechą charakterystyczną napływu mas powietrza nad stacje tła była ponad przeciętna częstość występowania mas powietrza napływających z kierunku północno-wschodniego i spadek częstości napływu z kierunków zachodnich.

Występowanie wiatrów silnych

Prędkość wiatru jest ważnym parametrem meteorologicznym określającym warunki dyspersji zanieczyszczeń. Małe średnie prędkości wiatru ($< 2/s$), a zwłaszcza cisze wiatrowe pogarszają poziomą wymianę powietrza, co przyczynia się do lokalnego wzrostu stężeń zanieczyszczeń i rozwoju epizodów smogowych. Wiatry z średnią prędkością powyżej $4 m/s$, mające charakter turbulencyjny, sprzyjają wertykalnemu i horyzontalnemu rozpraszaniu się zanieczyszczeń. Do wiatrów, które przyczyniają się w sposób efektywny do spadków lokalnych stężeń zanieczyszczeń powietrza można zaliczyć tzw. wiatry silne, których średnia prędkość w ciągu doby przekracza $10 m/s$.

W 2021 roku liczba dni z wiatrami powyżej $10 m/s$ występującymi w rejonach stacji tłowych kształtowała się na najniższym poziomie niż w wieloleciu, niższym o około 40% i niższym niż w roku poprzednim o około 45%. Najwięcej dni z silnymi wiatrami zanotowano w rejonie stacji Godów, który był najbardziej wietrzny w całym analizowanym okresie. W rejonie Stacji Puszcza Borecka i Zielonka zanotowano znacznie mniej dni z wiatrami silnymi niż średnio w poprzednim okresie (2010-2020) o około 50%. Podobnie jak w ostatnich 7 latach nie zanotowano dni z wiatrami silnymi na stacjach osłonowych w Legnicy (Osieczów) i Częstochowie (Złoty Potok). Należy podkreślić, że rejon stacji Osieczów należał do bardzo wietrznych rejonów do roku 2014, więc brak występowania wiatrów silnych jest zastanawiający.



Rys. 5.5. Liczba dni ze średnią prędkością wiatru powyżej $10 m/s$ w latach 2010-2021 w rejonach stacji tła regionalnego. Źródło danych: IMGW-PIB.

Liczba dni z wiatrami silnymi określona dla okresu 2010-2021 dla wszystkich analizowanych stacji ma słabo zaznaczoną tendencję spadkową (7 dni/10 lat). Jak wynika z analizy danych w 2021 roku warunki wiatrowe najbardziej sprzyjały rozcieńczaniu zanieczyszczeń w rejonie stacji Godów.

Rok 2021 charakteryzował się niższymi opadami na większości stacjach osłonowych względem ubiegłego wielolecia i roku 2020. Był to okres o przeciętnej skali zmienności opadów - od najniższych w lutym-marcu do najwyższych w lipcu-sierpniu.

Warunki meteorologiczne kształtowane były przez masy powietrza napływające nad Polskę najczęściej z kierunków sektora północno-wschodniego i najrzadziej - z kierunków zachodnich.

W 2021 roku warunki wiatrowe najmniej sprzyjały rozcieńczaniu zanieczyszczeń w rejonach większości stacji w wieloleciu, natomiast w rejonie stacji Godów warunki wiatrowe najbardziej sprzyjały rozcieńczaniu zanieczyszczeń.

6. Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach tła

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*²², które zastąpiło *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*²³ (a to z kolei stanowiło nowelizację *Rozporządzenia z dnia 13 września 2012 r.*²⁴) na stacjach tła pozamiejskiego w próbkach zebranego pyłu 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 w latach 2010-2021 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*²⁵, pył 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 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 PM10 i zawartych w nim metali ciężkich i WWA dla kryterium ochrony zdrowia

Zanieczyszczenie	Czas uśredniania	Poziom dopuszczalny	Dopuszczalna częstość przekroczeń	Termin osiągnięcia poziomu dopuszczalnego
Pył zawieszony PM10	Rok kalendarzowy	40 µg/m ³	-	2005 r.
Pył zawieszony PM10	24 godziny	50 µg/m ³	35 razy	2005 r.
Ołów (Pb) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	0,5 µg/m ³	-	2005 r.
Zanieczyszczenie	Czas uśredniania	Poziom docelowy	Dopuszczalna częstość przekroczeń	Termin osiągnięcia poziomu docelowego
Arsen (As) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	6 ng/m ³	-	2013 r.
Kadm (Cd) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	5 ng/m ³	-	2013 r.
Nikiel (Ni) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	20 ng/m ³	-	2013 r.
Benzo(a)piren (B(a)P) w pyłe zawieszonym	Rok kalendarzowy	1 ng/m ³	-	2013 r.

²² 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)

²³ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2018 r. poz. 1119)

²⁴ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)

²⁵ Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1031); Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2021 r. poz. 845)

6.1.1. Pył PM10

W tabeli 6.1.2 przedstawiono wyniki pomiarów stężenia pyłu PM10 prowadzonych na czterech stacjach: Godów, Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka w latach 2010-2021, jako wartości stężeń średnich rocznych, w odniesieniu do poziomu dopuszczalnego oraz liczby dni z przekroczeniem dobowego poziomu dopuszczalnego (kolorem czerwonym zaznaczono wartości przekraczające normę). W roku 2021 na żadnej ze stacji tła regionalnego i po raz trzeci (po 2019 i 2020) na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie nie odnotowano przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla wartości średniej rocznej.

Tab. 6.1.2. Stężenia średnie roczne pyłu PM10 i ich odniesienia do norm na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)
Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu PM10	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego (śr. rocznego)	Częstość przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla wartości 24-godzinnych
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[%]	[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
	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

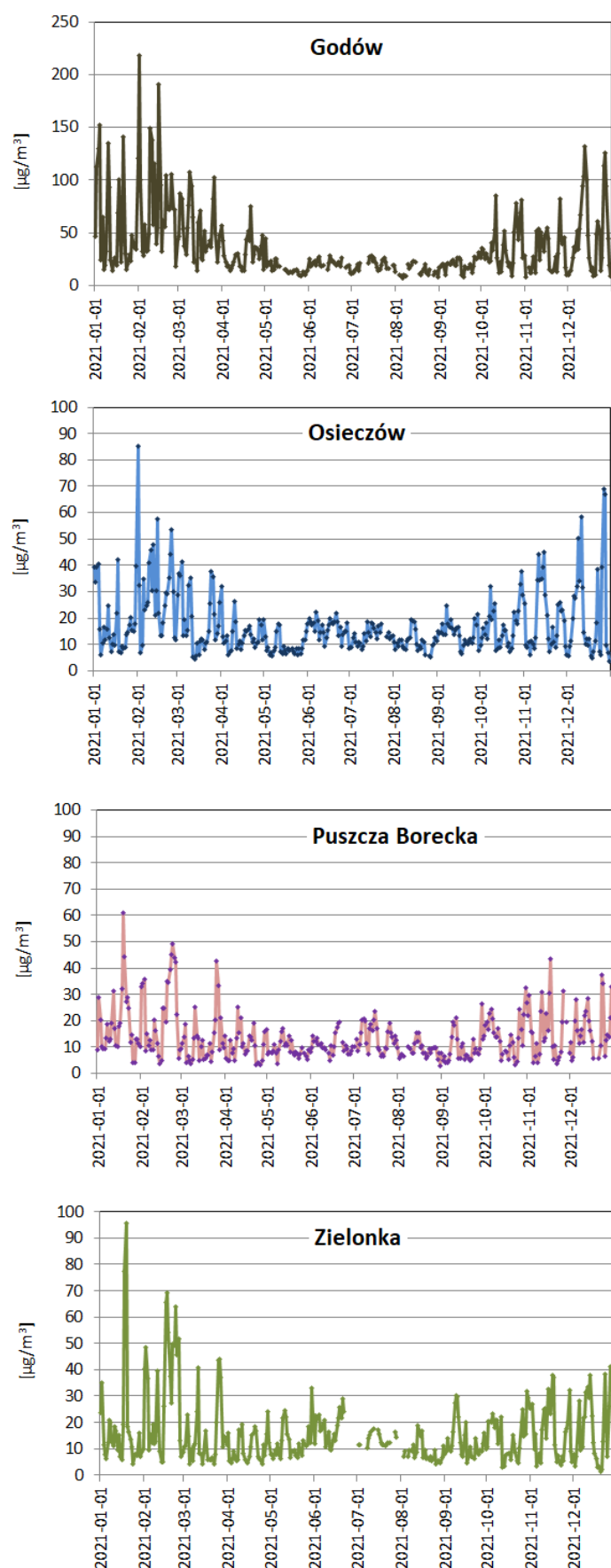
Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu PM10	Stężenie w stosunku do poziomu dopuszczalnego (śr. rocznego)	Częstość przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla wartości 24-godzinnych
		[µg/m³]	[%]	[Liczba dni]
2019	Godów	38,0	95	80
	Osieczów	18,4	46	10
	Puszcza Borecka	16,1	40	3
	Zielonka	15,4	38	2
2020	Godów	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

Omówienie zmian stężenia pyłu zawieszonego PM10 przedstawiono, wraz z trendami i tendencjami stężeń składników w nim badanych w wieloleciu, w kolejnych podrozdziałach.

Przebiegi dobowych wartości stężenia pyłu PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejskiej) przedstawiono na Rys. 6.1.1. 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.

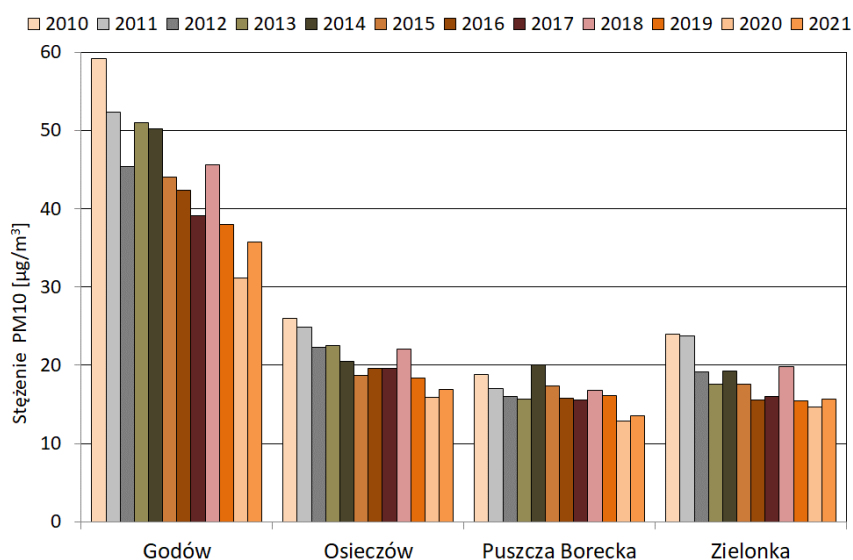
Obserwowane na stacji podmiejskiej w Godowie przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla wartości dobowych z każdym rokiem były mniejsze i rzadziej występowały, ale zawsze miały miejsce w większej niż dopuszczalna (35) liczbie dni. W latach 2010 i 2011 na stacji Osieczów odnotowano większą niż dopuszczalna liczbę dni z przekroczeniami dobowego poziomu dopuszczalnego stężenia pyłu PM10, co się nie powtórzyło w kolejnych latach. Taka sytuacja nie miała miejsca nigdy w Zielonce i Puszczy Boreckiej.

Przebieg dobowych wartości stężenia pyłu PM10 był typowy - na wszystkich stacjach zaznaczyły się wyższe stężenia w chłodnej połowie roku 2021. Występowały wtedy warunki sprzyjające kumulacji zanieczyszczeń. W drugiej części sezonu grzewczego, w czwartym kwartale temperatura była wyższa, występowały opady atmosferyczne i stężenia pyłu były na ogół niższe od notowanych w pierwszej części sezonu grzewczego - w pierwszym kwartale.



Rys. 6.1.1. Przebieg średnich dobowych stężeń pyłu PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w roku 2021 (źródło danych: PMŚ) [Dla Godowa inna skala]

W roku 2021 w stosunku do roku poprzedniego zanotowano wzrost wartości średnich rocznych stężenia pyłu PM₁₀ na wszystkich stacjach (Rys. 6.1.2). Najwyższe stężenie we wszystkich latach, znacznie wyższe niż na stacjach tła regionalnego, obserwowano na stacji podmiejskiej w Godowie. Najniższą wartość średnią roczną stężenia pyłu PM₁₀ odnotowano w roku 2021 na stacji Puszcza Borecka, a we wcześniejszych latach – na ogół na stacji Puszcza Borecka, a czasami na stacji Zielonka.



Rys. 6.1.2. Stężenie średnie roczne pyłu PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń Godów w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Ekstremalne wartości średniego dobowego stężenia pyłu PM₁₀ w roku 2021 przedstawiono w tabeli 6.1.3. Najwyższe stężenia dobowe zaobserwowano na stacji podmiejskiej w Godowie i – nietypowo – stacji tła regionalnego w Zielonce (w poprzednich latach na drugim miejscu była stacja w Osieczowie, w 2020 – stacja w Puszczy Boreckiej). Maksymalne stężenia wystąpiły na poszczególnych stacjach w lutym – w Godowie i Osieczowie (w tym samym dniu) oraz w styczniu - w Zielonce i w Puszczy Boreckiej (w tym samym dniu).

Tab. 6.1.3. Ekstremalne stężenia średnie dobowe pyłu PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

PM10	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
S24 _{max} [µg/m³]	217,8	85,3	60,8	95,6
Data S24 _{max}	2021-02-01	2021-02-01	2021-01-19	2021-01-19
S24 _{min} [µg/m³]	7,2	3,6	2,9	1,4
S24 _{max} – S24 _{min} [µg/m³]	210,6	81,7	57,9	94,2

Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

6.1.2. Metale ciężkie w pyłe PM₁₀

Wartości średnie roczne stężenia metali ciężkich zawartych w pyłe PM₁₀ w latach 2010-2021 zamieszczono w tabeli 6.1.4. W latach tych na żadnej stacji nie zanotowano przekroczeń wartości normowanych w celu ochrony zdrowia (poziomu dopuszczalnego dla Pb i poziomów docelowych dla As, Cd i Ni), ustanowionych dla metali ciężkich. Stężenia średnie roczne wyniosły na ogół kilka procent poziomu

docelowego/dopuszczalnego. Jedynie w Osieczowie stężenie arsenu osiągnęło kilkadziesiąt procent poziomu docelowego (29% w 2021 roku, co było porównywalną wartością do notowanych w roku 2020 (31%) i 2019 (33%), ale mniejszą od obserwowanych we wcześniejszych latach) i w Godowie stężenie arsenu osiągnęło w 2021 roku 15% poziomu docelowego. Dla wszystkich metali ciężkich, za wyjątkiem arsenu, największe wartości średnie roczne odnotowano w roku 2021 na stacji w Godowie. Jest to sytuacja podobna do obserwowanej we wcześniejszych latach, która została zachwiana w latach 2017-2019, gdy największe wartości stężeń większości metali ciężkich notowano na stacji w Osieczowie. Najmniejsze stężenia metali ciężkich występowały na ogół w Puszczy Boreckiej. Prawidłowości te znajdują odzwierciedlenie w wartościach średnich dla wielolecia 2010-2020 – największe stężenie arsenu w Osieczowie, a niklu, kadmu i ołowiu w Godowie (Tab. 6.1.4).

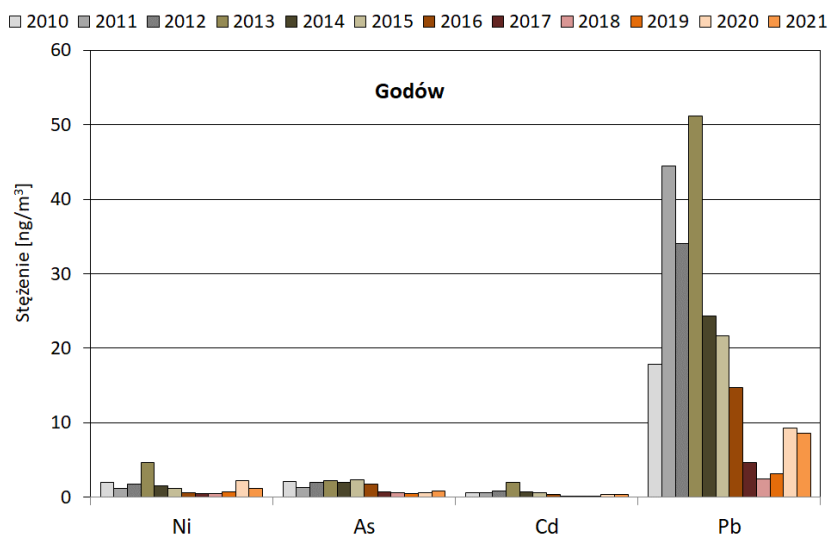
Tab. 6.1.4. Stężenia średnie roczne metali ciężkich w pyłe zawieszonym PM10 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Rok	Stacja	Stężenie metali ciężkich w PM10			
		[ng/m ³]			
		Ni	As	Cd	Pb
2010	Godów	2,0	2,1	0,6	17,8
	Osieczów	0,8	3,8	0,5	22,5
	Puszcza Borecka	0,6	0,3	0,1	4,0
	Zielonka	0,8	0,7	0,2	6,9
2011	Godów	1,1	1,3	0,6	44,4
	Osieczów	0,8	3,0	0,5	18,2
	Puszcza Borecka	0,8	0,3	0,2	5,2
	Zielonka	0,8	0,6	0,2	6,6
2012	Godów	1,7	2,0	0,8	34,1
	Osieczów	0,6	2,9	0,4	15,1
	Puszcza Borecka	1,0	0,3	0,1	4,4
	Zielonka	0,6	0,7	0,2	6,2
2013	Godów	4,6	2,2	2,0	51,2
	Osieczów	0,6	3,4	0,4	14,8
	Puszcza Borecka	1,0	0,5	0,2	3,5
	Zielonka	0,6	0,6	0,2	4,8
2014	Godów	1,5	2,0	0,7	24,3
	Osieczów	0,5	3,6	0,4	14,3
	Puszcza Borecka	0,7	0,5	0,2	4,1
	Zielonka	0,6	0,8	0,2	5,6
2015	Godów	1,2	2,3	0,6	21,7
	Osieczów	0,4	3,2	0,3	9,8
	Puszcza Borecka	0,4	0,5	0,1	3,1
	Zielonka	0,5	0,6	0,1	4,0
2016	Godów	0,6	1,7	0,4	14,7
	Osieczów	0,3	4,3	0,3	11,4
	Puszcza Borecka	0,3	0,3	0,1	2,9
	Zielonka	0,5	0,5	0,1	3,8
2017	Godów	0,5	0,7	0,1	4,6
	Osieczów	0,4	3,2	0,2	8,5
	Puszcza Borecka	0,3	0,4	0,1	2,6
	Zielonka	0,7	0,6	0,1	4,2
2018	Godów	0,5	0,6	0,1	2,4
	Osieczów	0,7	3,6	0,2	10,7
	Puszcza Borecka	0,3	0,2	0,1	2,6
	Zielonka	0,5	0,5	0,2	4,1
2019	Godów	0,7	0,5	0,1	3,1
	Osieczów	0,6	2,0	0,2	8,1
	Puszcza Borecka	0,4	0,2	0,1	2,0
	Zielonka	0,5	0,4	0,1	2,2

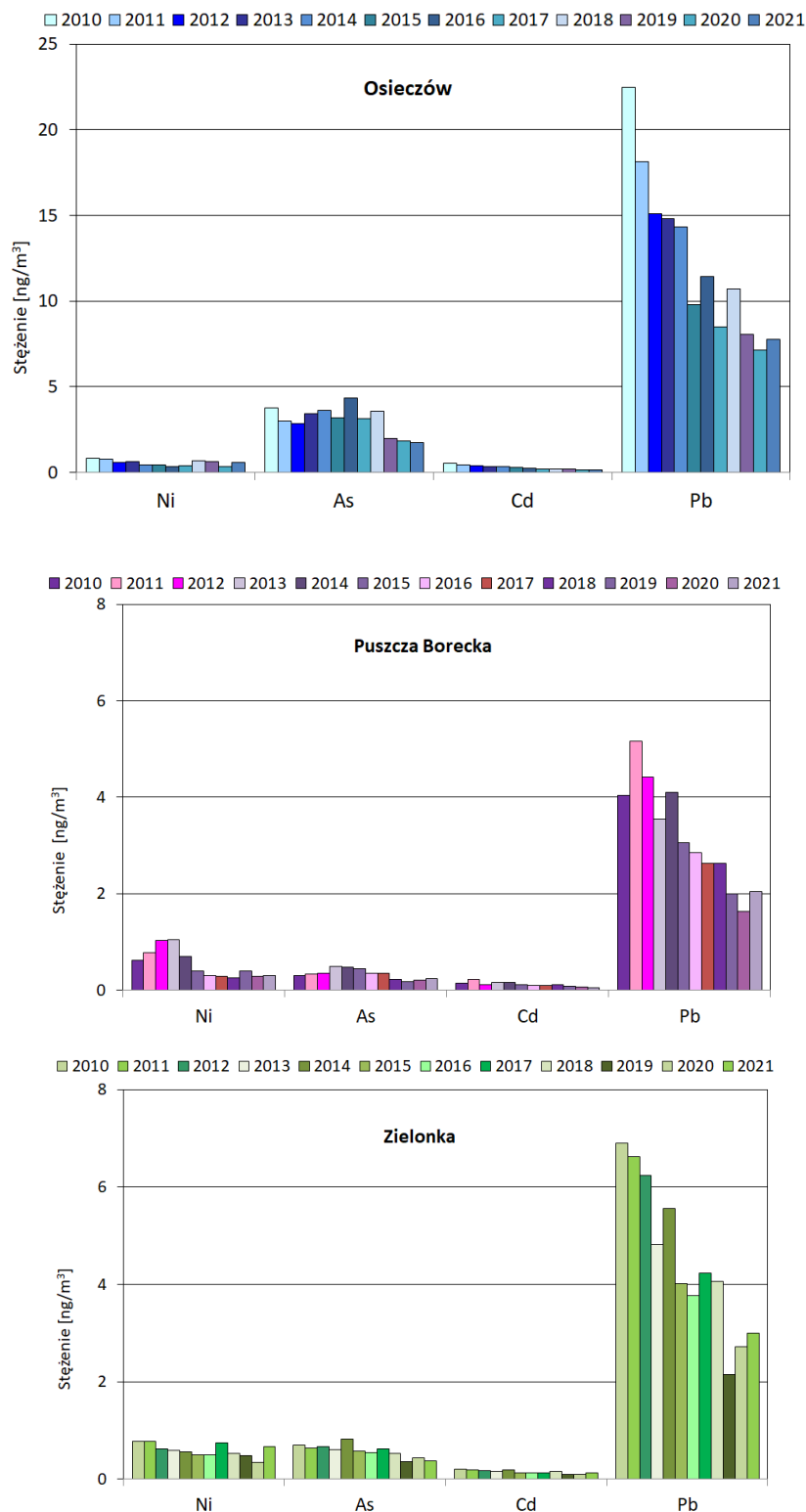
Rok	Stacja	Stężenie metali ciężkich w PM10			
		[ng/m ³]			
		Ni	As	Cd	Pb
2020	Godów	2,2	0,6	0,4	9,2
	Osieczów	0,4	1,8	0,1	7,1
	Puszcza Borecka	0,3	0,2	0,1	1,6
	Zielonka	0,3	0,4	0,1	2,7
2021	Godów	1,2	0,9	0,3	8,6
	Osieczów	0,6	1,7	0,1	7,8
	Puszcza Borecka	0,3	0,2	0,0	2,0
	Zielonka	0,7	0,4	0,1	3,0
średnia 2010-2020	Godów	1,5	1,5	0,6	20,7
	Osieczów	0,6	3,2	0,3	12,8
	Puszcza Borecka	0,6	0,3	0,1	3,3
	Zielonka	0,6	0,6	0,1	4,6

Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Przebiegi średnich rocznych wartości stężeń metali ciężkich w okresie 2010-2021 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie nie wykazują jednoznacznych tendencji, jednak zaznaczają się różnice pomiędzy stacjami (Rys. 6.1.3a i 6.1.3b).



Rys. 6.1.3a. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacji monitoringu transgranicznego (Godów) w latach 2010-2021 (źródło danych: PMS)



Rys. 6.1.3b. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021.
[Dla Osieczowa inna skala] (źródło danych: PMŚ)

W tabeli 6.1.5 przedstawiono wyniki obliczeń względnych zmian stężenia pyłu i badanych w nim metali ciężkich w roku 2021 w stosunku do wartości z roku 2020. Na wszystkich stacjach wystąpił wzrost średniego rocznego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ i w większości przypadków odnotowano wzrosty stężeń metali ciężkich; na wszystkich stacjach tła regionalnego wzrosły stężenia niklu i ołowiu, a dla pozostałych metali sytuacja wyglądała

różnie. Względne różnice dla niklu wyniosły od 5,2% w Puszczy Boreckiej przez 55,6% w Osieczowie po 96,1% w Zielonce, a dla ołowiu od 9 – 10% w Osieczowie i Zielonce po 24,3% w Puszczy Boreckiej. Stężenia arsenu były niższe od notowanych rok wcześniej na stacjach w Osieczowie (o 6,4%) i Zielonce (o 15,2%), a wyższe w Puszczy Boreckiej (o 10,8%). Stężenie kadmu pozostało na zbliżonym poziomie w Osieczowie, wzrosło w Zielonce (o 25,4%), a spadło w Puszczy Boreckiej (o 29,8%). Na stacji Godów zanotowano wzrost stężenia arsenu (o 59,1%), a spadek stężeń pozostałych metali: niklu o 55,3%, kadmu o 23,1%, a ołowiu o 6,7%.

Procentowe zmiany stężeń PM₁₀ i metali ciężkich względem roku poprzedniego przedstawione w tabeli 6.1.5 mają odbicie w tabeli 6.1.6, przedstawiającej wizualizację tendencji zmian stężeń pyłu PM₁₀ i zawartych w nim metali.

Tabela 6.1.5. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu PM₁₀ i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2021 względem roku 2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM ₁₀	Ni	As	Cd	Pb
	[%]				
Godów	14,5	-55,3	59,1	-23,1	-6,7
Osieczów	6,7	55,6	-6,4	0,3	9,2
Puszcza Borecka	5,2	5,2	10,8	-29,8	24,3
Zielonka	7,1	96,1	-15,2	25,4	10,2

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Tab. 6.1.6. Tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM₁₀ i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2021 względem roku 2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacje	PM ₁₀	Ni	As	Cd	Pb
Godów	↗	↘	↗	↘	↘
Osieczów	↗	↗	↘	↔	↗
Puszcza Borecka	↗	↗	↗	↘	↗
Zielonka	↗	↗	↘	↗	↗

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Podobną ocenę stężeń notowanych w roku 2021 przedstawiono w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2020 (Tab. 6.1.7 i 6.1.8). W zdecydowanej większości przypadków – poza niklem na stacjach w Osieczowie i Zielonce - odnotowano spadki stężeń badanych metali ciężkich, przy nieco mniejszych zmianach stężeń pyłu PM₁₀. Różnice względne sięgnęły od - 64,8% (dla kadmu w Puszczy Boreckiej) przez nieco ponad -50% (Cd w Osieczowie i Pb w Godowie) i około 40% (As i Cd w Godowie, Ni i Pb w Puszczy Boreckiej, As i Pb w Zielonce i Osieczowie) do -24,3% (Ni w Godowie) i -16,6% (Cd w Zielonce), a wzrost dla niklu w Zielonce wyniósł 13,8% i w Osieczowie 2,2%.

Tabela 6.1.7. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu PM₁₀ i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2021 względem wartości średnich z lat 2010-2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM ₁₀	Ni	As	Cd	Pb
	[%]				
Godów	-21,2	-24,3	-39,4	-48,2	-58,3
Osieczów	-19,1	2,2	-45,3	-51,6	-39,1
Puszcza Borecka	-17,9	-44,3	-31,2	-64,8	-37,9
Zielonka	-14,8	13,8	-37,5	-16,6	-35,5

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

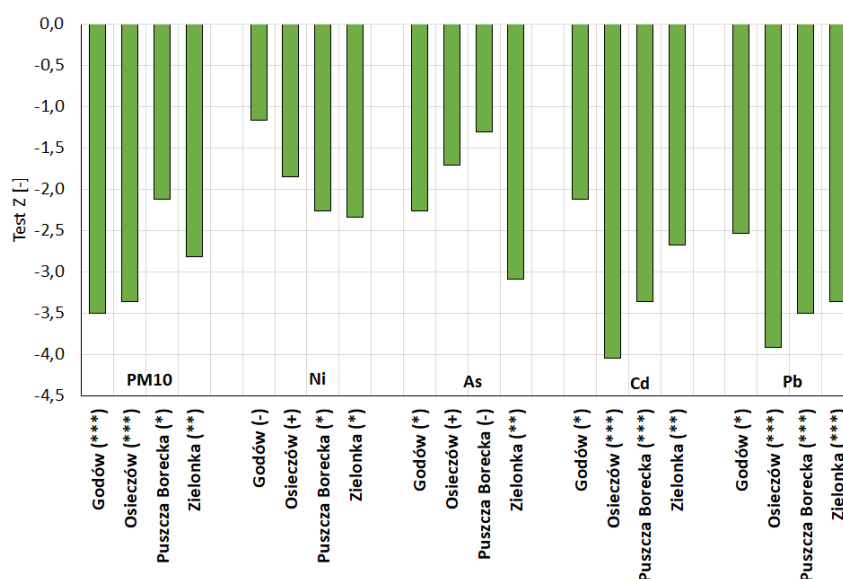
Tab. 6.1.8. Tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM10 i oznaczanych w nim metali ciężkich w roku 2021 względem wartości średnich z lat 2010-2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacje	PM10	Ni	As	Cd	Pb
Godów	↘	↘	↘	↘	↘
Osieczów	↘	↗	↘	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↘	↘
Zielonka	↘	↗	↘	↘	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

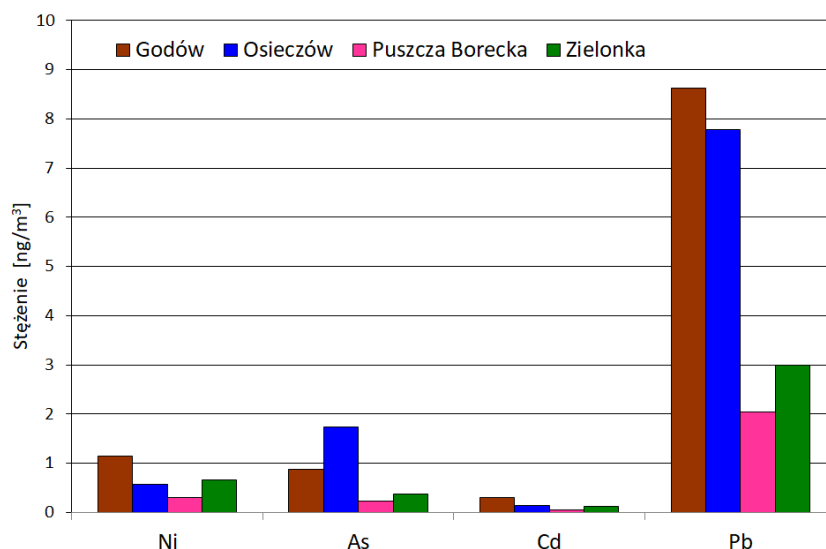
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Dane uzyskane w latach 2010-2021 poddano analizie statystycznej w celu wykrycia trendów. Na wszystkich stacjach odnotowano trend malejący stężenia pyłu PM10 (o czym świadczy ujemna wartość Z), był to trend istotny statystycznie, przy czym na stacjach Godów i Osieczów istotność była największa (***), a w Puszczy Boreckiej najmniejsza (*). W przypadku niklu odnotowano trend malejący w Puszczy Boreckiej i Zielonce, a także w Osieczowie (mniejszy) oraz brak trendu w Godowie (tylko tendencję malejącą). Dla arsenu trend o różnym stopniu istotności stwierdzono z Zielonce, Godowie i Osieczowie i jedynie tendencję malejącą w Puszczy Boreckiej. Istotny statystycznie trend (najbardziej istotny) charakteryzował stężenie kadmu w pyłe na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka, a mniejszy w Zielonce i Godowie. Na wszystkich stacjach odnotowano spadkowy trend stężenia ołowiu, przy czym na stacjach tła regionalnego był on najbardziej istotny, a w Godowie mniej istotny (Rys. 6.1.4).



Rys. 6.1.4. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM10 i zawartych w nim metali ciężkich na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

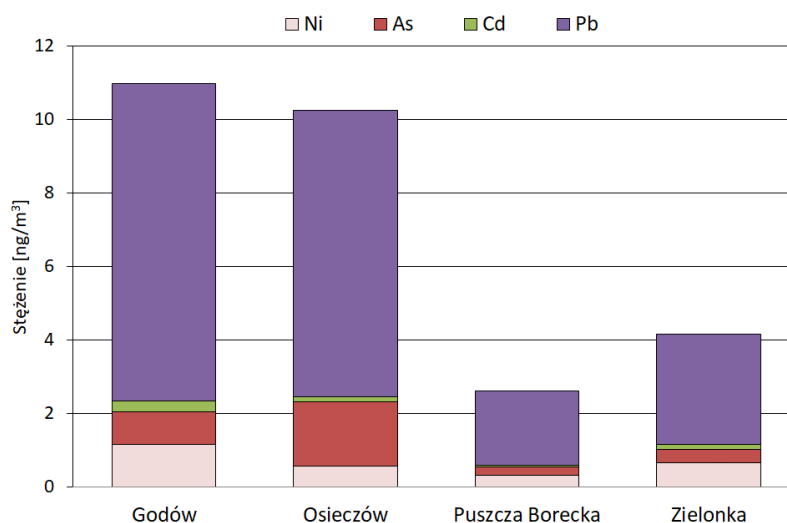
Wartości średnich stężeń metali ciężkich w roku 2021 na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejskiej) przedstawiono na rysunku 6.1.5.



Rys. 6.1.5. Stężenia średnie roczne metali ciężkich na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

W 2021 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 ołowiu. W przypadku arsenu, najwyższe stężenia wystąpiły w Osieczowie, ale taką sytuację obserwowano od lat w tym rejonie kraju. Najniższe wartości spośród analizowanych metali ciężkich oznaczanych w pyłe PM₁₀ obserwowane były na wszystkich czterech stacjach dla kadmu (najniższe w Puszczy Boreckiej i Zielonce). Najmniejsze zróżnicowanie średnich rocznych stężeń pomiędzy stacjami w analizowanym okresie 2010-2020 obserwowano właśnie dla kadmu.

Na wszystkich stacjach spośród analizowanych metali ciężkich, najwyższy udział procentowy obserwuje się dla ołowiu, następnie dla niklu i arsenu, a na końcu kadmu (Rys. 6.1.6). Jedynie w Osieczowie na drugim miejscu w 2021 roku (podobnie, jak we wcześniejszych latach) wystąpił arsen, a na trzecim nikiel; na pozostałych trzech stacjach większe stężenia notowano w przypadku niklu niż arsenu.



Rys. 6.1.6. Udział metali ciężkich zawartych w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Tab. 6.1.9. Kolejność występowania metali ciężkich w pyle PM10 ze względu na stężenie średnie roczne w 2021 (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

6.1.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyle PM10

Wartości stężeń średnich rocznych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zawartych w pyle PM10 w latach 2010-2021 przedstawiono w tabeli 6.1.10 (kolorem czerwonym oznaczono przekroczenia wartości docelowej benzo(a)pirenu). Zmiany stężeń rocznych na analizowanych stacjach w roku 2020 pokazano na rysunku 6.1.7.

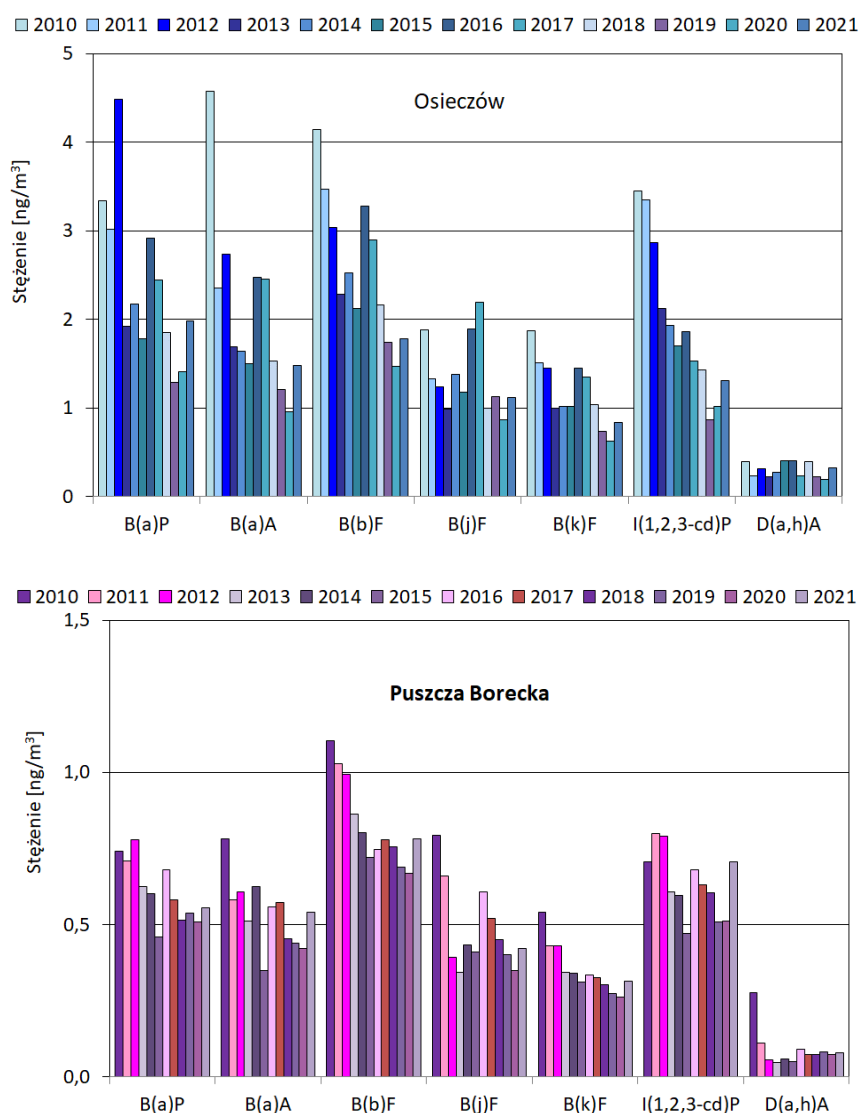
W roku 2021 stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu były wyższe od poziomu docelowego na stacji podmiejskiej w Godowie i na stacji tła regionalnego w Osieczowie, osiągając wartości odpowiednio 8,9 ng/m³ i 2,0 ng/m³. Również w latach 2010-2018 na tych stacjach notowano przekroczenia (w Godowie także w 2019 i 2020). W roku 2019 i 2020, biorąc pod uwagę zasadę, że przy ocenie, czy wystąpiło przekroczenie poziomu docelowego wyniki są zaokrąglane do całości, w Osieczowie nie odnotowano przekroczenia wartości docelowej (stężenie średnie roczne <1,5 ng/m³). Na stacji Zielonka, która w wieloleciu należała do tych, gdzie obserwowano niskie wartości, średnie roczne stężenie w roku 2021 osiągnęło trzecią w kolejności wartość spośród notowanych na omawianych stacjach. Na stacji Puszcza Borecka stężenie benzo(a)pirenu było najniższe, zarówno gdy mowa o wartości średniej w wieloleciu, jak i o średniej w ostatnim roku. Średnie roczne stężenie w roku 2021 na tej stacji stanowiło 55% poziomu docelowego.

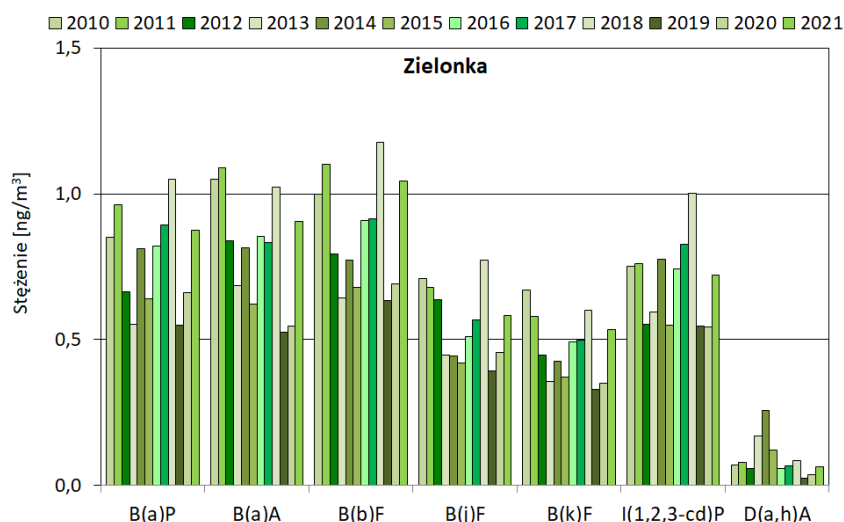
Tab. 6.1.10. Stężenia średnie roczne WWA na stacjach tła regionalnego oraz stacji Godów w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Rok	Stacja	WWA w 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
	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
2019	Godów	8,31	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,29	1,21	1,74	1,13	0,74	0,87	0,22
	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
2020	Godów	7,78	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,41	0,95	1,47	0,87	0,62	1,02	0,19
	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
2021	Godów	8,91	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	1,98	1,48	1,78	1,12	0,83	1,31	0,32
	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
średnia 2010-2020	Godów	9,79	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	2,42	2,10	2,65	1,37	1,19	2,01	0,30
	Puszcza Borecka	0,61	0,54	0,83	0,49	0,35	0,63	0,09
	Zielonka	0,77	0,81	0,85	0,55	0,46	0,69	0,09

Godów – stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Średnie roczne stężenia analizowanych WWA na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka w okresie 2010-2021 wykazują na ogół tendencje spadkowe, które jednak zostały zahamowane w 2016, a powróciły w latach 2017, 2018, 2019 i 2020 i znowu zostały odwrócone w 2021 roku (Rys. 6.1.7). Na stacji Zielonka spadku w skali całego wielolecia nie widać, ale jest wyraźny w roku 2019, zatrzymany w 2020 i odwrócony w 2021 roku. Najmniejsze wartości stężeń obserwowano w latach 2013-2015, a potem tendencja się odwróciła i stężenia wzrosły, a w latach 2019 i 2020 spadły nawet poniżej wartości dotąd najmniejszych.





Rys. 6.1.7. Stężenia średnie roczne WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Względne zmiany stężeń badanych WWA wskazują na wzrost wszystkich z nich na wszystkich omawianych stacjach (Tab. 6.1.11). Zmiany sięgają od kilku do kilkudziesięciu procent. Największe wzrosty dotyczyły dibenzo(a,h)antracenu w Osieczowie i Zielonce (po ponad 70%), benzo(a)antracenu w Zielonce (66,1%) i w Osieczowie (54,9%) benzo(k)fluorantenu (52,5%) w Zielonce. Najmniejsze wzrosty odnotowano dla dibenzo(a,h)antracenu (7,7%) i benzo(a)pirenu (9,3%) w Puszczy Boreckiej.

Tabela 6.1.11. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu PM10 i oznaczanych w nim WWA w roku 2021 względem roku 2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	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	14,5	14,5						
Osieczów	6,7	41,1	54,9	21,0	29,1	33,8	28,9	72,6
Puszcza Borecka	5,2	9,3	28,3	17,0	20,6	20,6	38,1	7,7
Zielonka	7,1	32,5	66,1	50,7	27,6	52,5	32,9	71,0

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

W tabeli 6.1.12 przedstawiono zmiany średnich rocznych stężeń WWA w roku 2021 w stosunku do roku 2020 w postaci symboli (strzałek) ilustrujących tendencje zmian. Widoczny jest spadek stężeń większości badanych WWA na stacjach tła regionalnego, jak i benzo(a)pirenu mierzonego na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń – stacji w Godowie.

Tab. 6.1.12. Tendencje zmian stężenia średniego rocznego WWA oznaczanych w pyłe PM10 w roku 2021 w stosunku do roku 2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacje	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	↗	↗						
Osieczów	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Puszcza Borecka	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Zielonka	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Podobną ocenę stężeń notowanych w roku 2021 przedstawiono w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2020 (Tab. 6.1.13 i 6.1.14). Względne zmiany stężeń wskazują na spadki stężenia większości badanych węglowodorów na większości analizowanych stacji. Stężenie benzo(a)pirenu na stacji w Godowie było mniejsze niż wartość średnia w okresie 2010-2020 o 9,1% a spadek stężenia b(a)p był mniej znaczący niż spadek stężenia pyłu. Względne różnice stężeń wynosiły od kilku do ponad 30 procent. Warto zauważyć, że zmiany stężeń badanych WWA w Osieczowie i w Puszczy Boreckiej były na ogół bardziej znaczące niż zmiany stężenia pyłu PM10, a w Zielonce, pomimo spadku stężenia pyłu PM10, odnotowano wzrosty wszystkich WWA poza dibenzo(a,h)antracenenem. Największe różnice stężeń z roku 2021 i wartości średnich z wielolecia odnotowano w przypadku indeno(1,2,3-cd)pirenu (-34,9%) i benzo(b)fluorantenu (-32,9%) w Osieczowie oraz dibenzo(a,h)antracenu (-31,3%) w Zielonce. Wzrosty notowane w Zielonce wyniosły od 3,8% dla indeno(1,2,3-cd)pirenu do 23,2% dla benzo(b)fluorantenu.

Tabela 6.1.13. Zmiany względne stężeń średnich rocznych pyłu PM10 i oznaczanych w nim WWA w roku 2021 względem wartości średnich z lat 2010-2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	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	-21,2	-9,1						
Osieczów	-19,1	-18,0	-29,7	-32,9	-18,4	-30,0	-34,9	9,0
Puszcza Borecka	-17,9	-9,4	1,0	-6,1	-13,6	-11,2	12,6	-11,0
Zielonka	-14,8	14,0	12,2	23,2	6,1	14,9	3,8	-31,3

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

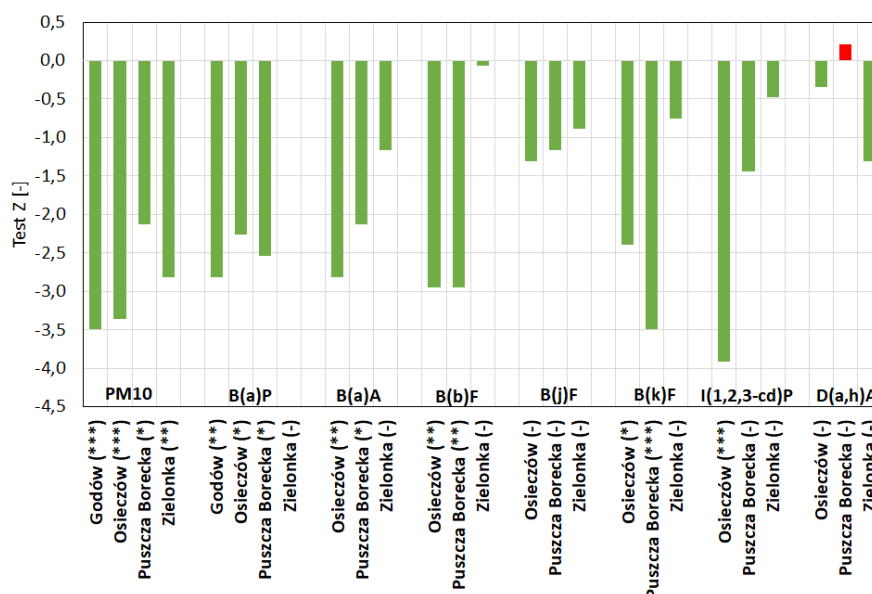
Tab. 6.1.14. Tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM10 i oznaczanych w nim WWA w roku 2021 względem wartości średnich z lat 2010-2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacje	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	↘	↘						
Osieczów	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗
Puszcza Borecka	↘	↘	↔	↘	↘	↘	↗	↘
Zielonka	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

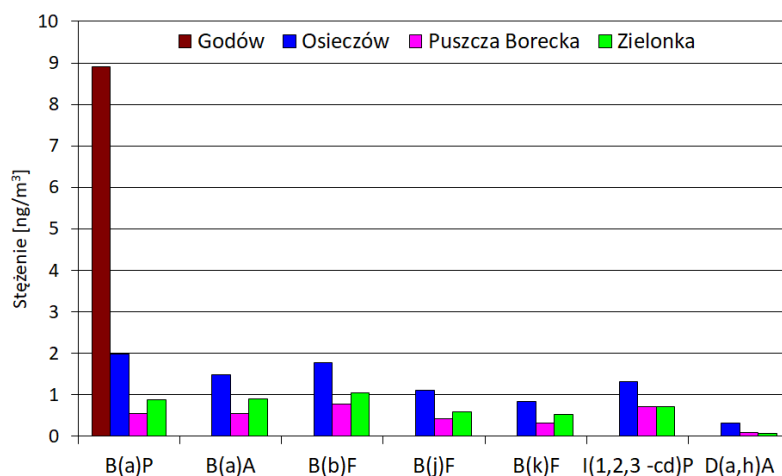
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

Analiza trendów w seriach danych uzyskanych w latach 2010-2021 wykazała istnienie trendów i tendencji spadkowych dla wszystkich WWA na wszystkich stacjach, za wyjątkiem D(h,a)a w Puszczy Boreckiej (nieistotna statystycznie (-) tendencja rosnąca) (Rys. 6.1.8). W przypadku B(a)P, B(a)A, B(b)F i B(k)F odnotowano trendy malejące – o różnym stopniu istotności – na stacji w Osieczowie i Puszczy Boreckiej i brak istotnego statystycznie trendu w Zielonce (tylko tendencja malejąca). Dla I(1,2,3-cd)P istotny statystycznie trend stwierdzono tylko w Osieczowie. Serie pomiarowe B(j)F i D(a,h)A nie wykazywały istotnego statystycznie trendu na żadnej ze stacji.



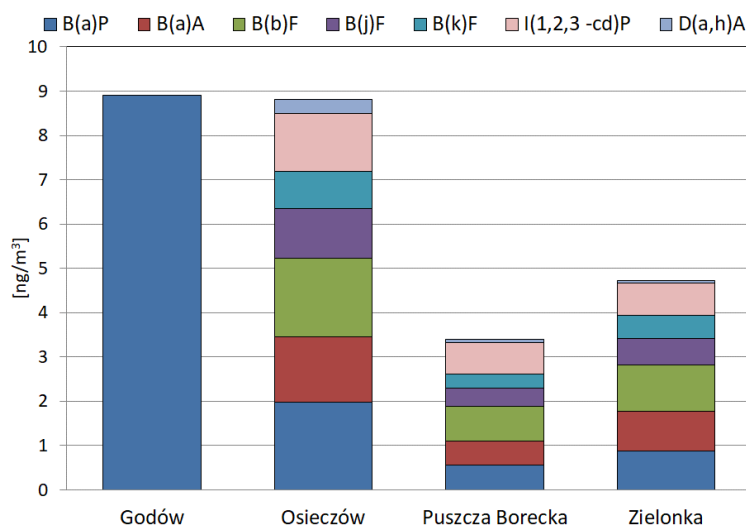
Rys. 6.1.8. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM10 i zawartych w nim WWA na stacjach tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie (tylko B(a)P) w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

W roku 2021 średnie stężenia benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu i indeno(1,2,3-cd)pirenu na poszczególnych stacjach tła regionalnego były na zbliżonym do siebie poziomie, a na niższym poziomie były stężenia dibenzo(a,h)antracenu. Największe stężenia na dwóch stacjach tła regionalnego położonych na północy Polski – Puszczy Boreckiej i Zielonki – stwierdzono dla benzo(b)fluorantenu, a dla stacji zlokalizowanej w Polsce południowej – Osieczowa – największe stężenie odnotowano dla benzo(a)pirenu. Stężenia B(a)P na stacji Godów (stacja podmiejska) i wszystkich badanych WWA na stacji Osieczów były wyższe niż na stacjach na północy kraju. Duże podobieństwo wyników widać dla stacji Puszcza Borecka i Zielonka (zwłaszcza dla I(1,2,3-cd)P). Generalnie dla wszystkich składników wyraźnie widać prawidłowość, iż największe wartości notowano na stacji Osieczów, mniejsze na ogół na stacji Zielonka, a najmniejsze na stacji Puszcza Borecka. Oczywiście, nad tymi wynikami dominuje stężenie benzo(a)pirenu ze stacji Godów (ale na tej stacji nie wykonuje się pomiarów stężeń innych WWA).



Rys. 6.1.9. Stężenia średnie roczne WWA na stacjach tła oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Udział stężeń węglowodorów oznaczanych w PM10 w roku 2021 na omawianych stacjach przedstawiono na rysunku 6.1.10. Na stacjach w Puszczy Boreckiej i Zielonce przeważały B(b)F, B(a)P, I(1,2,3-cd)P lub B(a)A, stanowiąc razem po 60% sumy oznaczanych WWA. W Osieczowie największy udział (22,5%) miał B(a)P, a na kolejnych miejscach uplasowały się B(b)F i B(a)A, których udziały w sumie oznaczanych związków wynosiły 17-20%. Pierwsze trzy węglowodory stanowiły razem na tej stacji również 60% sumy WWA. Udział D(a,h)A był najmniejszy na wszystkich stacjach.



Rys. 6.1.10. Stężenie WWA zawartych w pyłe PM10 na stacjach tła regionalnego i na stacji w Godowie (tylko B(a)P) w roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

W tabeli 6.1.15 przedstawiono kolejność występowania stężeń WWA zawartych w pyłe PM10 w roku 2021 licząc od najwyższych do najniższych wartości stężeń. Uzyskane wyniki pokazują, że generalnie przeważa B(b)F i B(a)P, zaś najmniej jest D(a,h)A i B(k)F.

Tab. 6.1.15. Kolejność występowania WWA w pyłe PM10 ze względu na stężenie średnie roczne w 2021 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(a)P	B(a)A	B(j)F	B(k)F	D(a,h)A
Zielonka	B(b)F	B(a)A	B(a)P	I(1,2,3 -cd)P	B(j)F	B(k)F	D(a,h)A

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

6.2. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM2,5

W niniejszym rozdziale przedstawiono ocenę w zakresie zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM2,5 oraz oznaczanymi w nim jonami i węglem (elementarnym i organicznym) w latach 2010-2021 na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego zanieczyszczania powietrza w Godowie.

6.2.1. Pył PM2,5

Wartość poziomu docelowego i poziomu dopuszczalnego dla pyłu PM2,5, dla kryterium ochrony zdrowia przedstawiono w tabeli 6.2.1. Wartość poziomu docelowego 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A zatem w roku 2021 (i 2020) stężenia pyłu $\text{PM}_{2,5}$ uzyskane na omawianych stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie odniesiono do poziomu dopuszczalnego równego $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O poziomach dopuszczalnych, które już wygasły wspomniano ze względu na fakt, że w raporcie prezentowane są dane od 2010 roku i dane te były odnoszone do aktualnych wówczas poziomów dopuszczalnych i poziomu docelowego.

Tabela 6.2.1. Poziom docelowy i poziom dopuszczalny stężenia pyłu $\text{PM}_{2,5}$ dla kryterium ochrony zdrowia²⁶

poziom docelowy

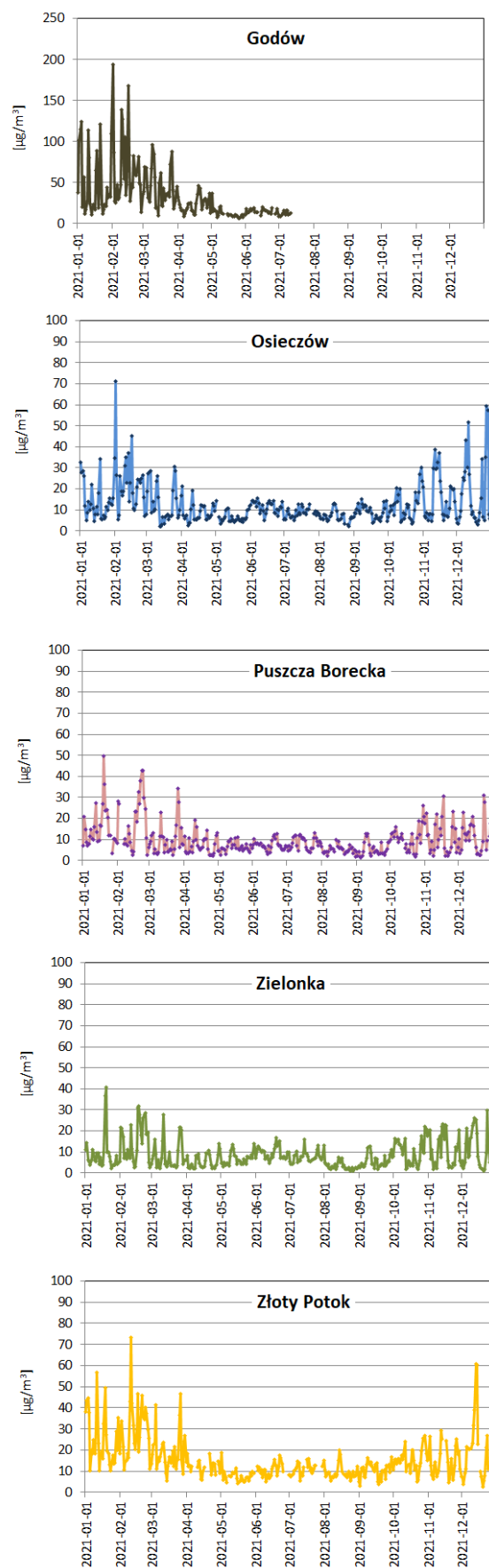
okres uśredniania wyników pomiarów	poziom docelowy [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	termin osiągnięcia poziomu docelowego
Rok kalendarzowy	25	2010

poziom dopuszczalny

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.

Przebiegi dobowych wartości stężenia pyłu $\text{PM}_{2,5}$ na stacjach tła w 2021 roku przedstawiono na rys. 6.2.1. Dane z Godowa dostępne są tylko dla pierwszego półrocza ze względu na awarię pobornika pyłu. Z tego względu dane z tej stacji wyłączono z dalszych analiz. Charakterystyczny przebieg, w którym w chłodnej połowie roku są notowane wyższe wartości niż w ciepłej, widoczny jest na wszystkich stacjach tła regionalnego. W 2020 roku na stacjach tła regionalnego w Osieczowie, Złotym Potoku i Puszczy Boreckiej odnotowano wyższe wartości w I kwartale niż w IV kwartale, jak w latach wcześniejszych (ale nie tak znacząco wyższe, jak w roku 2017, gdy różnice między kwartałami były znacznie większe (do czego przyczyniły się warunki sprzyjające kumulacji zanieczyszczeń i sytuacjom smogowym w styczniu i lutym 2017)). Największą różnicę obserwowano w przypadku Złotego Potoku. Na stacji Zielonka nieznacznie wyższe było średnie stężenie w IV kwartale.

²⁶ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r., poz. 1031)



Rys. 6.2.1. Przebieg średnich dobowych stężeń pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w roku 2021 (źródło danych: PMŚ) [Dla Godowa inna skala]

W tabeli 6.2.2 przedstawiono stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji w Godowie w latach 2010-2021 (ostatni rok bez danych z Godowa ze względu na niepełną serię pomiarową). Kolorem czerwonym zaznaczono w tabeli przekroczenia poziomów docelowych/dopuszczalnych.

Tab. 6.2.2. Stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2021 (źródło danych: PMS)

Rok	Stacja	Stężenie średnie roczne pyłu 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
	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	132,3	132,3
	Osieczów	11,5	46,0	57,4	57,4
	Puszcza Borecka	9,1	36,4	45,5	45,5
	Zielonka	8,6	34,3	42,8	42,8
	Złoty Potok	14,7	58,6	73,3	73,3
2021	Godów*	-	-	-	-
	Osieczów	12,3	49,2	61,5	61,5
	Puszcza Borecka	9,6	38,4	48,0	48,0
	Zielonka	8,7	34,8	43,4	43,4
	Złoty Potok	15,6	62,2	77,8	77,8

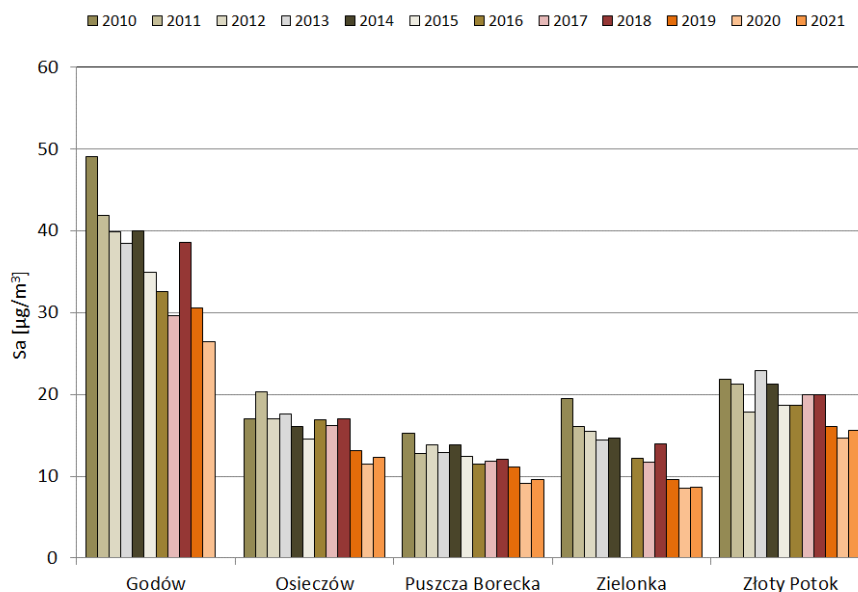
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

*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 na żadnej ze stacji tła regionalnego nie wystąpiło przekroczenie, a notowane stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} stanowiły odpowiednio: 77,8% w Złotym Potoku, 61,5% w Osieczowie, 48,0% w Puszczy Boreckiej i 43,4% w Zielonce. Były to wartości nieznacznie większe niż obliczone rok wcześniej. Na żadnej ze stacji tła regionalnego nie zanotowano w roku 2021 przekroczeń poziomu dopuszczalnego dla lat wcześniejszych, co miało miejsce we wszystkich latach w okresie 2010-2020 na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń w Godowie. Na początku analizowanego okresu - w latach 2010, 2011, 2013 i 2014 na stacji Złoty Potok i w 2011 roku na stacji Osieczów stężenie pyłu PM_{2,5} osiągało wartości przekraczające poziom dopuszczalny, przewidziany dla roku 2020.

Na dwóch stacjach (Godów i Zielonka) obserwowana była wyraźna tendencja spadkowa stężenia średniego rocznego pyłu PM_{2,5} od roku 2010, która w roku 2014 została zahamowana, ale powróciła w latach 2015-2017; została ona jednak odwrócona w 2018 roku, kiedy odnotowano wartości większe niż w poprzednich trzech latach; dwa kolejne lata to lata spadków stężeń a w 2021 r. stężenie pyłu PM_{2,5} w Zielonce utrzymało się na poziomie z roku poprzedniego (dla Godowa brak danych z 2021 r.) (Rys. 6.2.2). Tendencje w ciągu całego okresu objętego analizą dla pozostałych stacji (poza Zielonką i Godowem) nie są tak jednoznaczne, a zmiany z roku na rok nie były duże. Jednak w roku 2021 na wszystkich stacjach stężenie pyłu PM_{2,5} nieznacznie wzrosło w stosunku do wartości z roku poprzedniego, ale osiągnęło mniejsze wartości od notowanych na początku analizowanego okresu badań. Względne różnice wartości stężenia z ostatnich dwóch lat na stacjach tła regionalnego wyniosły 7,1% w Osieczowie, 6,1% w Złotym Potoku, 5,4% w Puszczy Boreckiej i 1,4% w Zielonce.

Omówienie zmian stężenia pyłu PM_{2,5} przedstawiono wraz z trendami i tendencjami stężeń składników w nim badanych w wieloletnim 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 PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Ekstremalne wartości stężenia średniego dobowego pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego przedstawiono w tabeli 6.2.3. Największe maksymalne stężenie dobowe wystąpiło na stacji Złoty Potok (73,5 µg/m³), natomiast najmniejsze maksymalne - na stacji Zielonka (40,9 µg/m³). Na dwóch stacjach – Puszcza Borecka i Zielonka – maksymalne stężenia wystąpiły w styczniu (w tym samym dniu – 19.01.2021), a na dwóch w lutym, przy czym na stacji Osieczów był to 1.02.2021, a Złoty Potok – 10.02.2021. Maksima notowane w 2021 r. były na wszystkich stacjach znacząco większe niż rok wcześniej. Na stacjach Złoty Potok i Osieczów zaobserwowano największą rozpiętość wartości stężeń średnich dobowych (przy największych wartościach maksimum i minimum), zaś na stacji Zielonka – najmniejszą (przy najmniejszych wartościach minimum i maksimum).

Tab. 6.2.3. Ekstremalne stężenia średnie dobowe pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego w roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

Parametr	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka	Złoty Potok
S24 _{max} [µg/m ³]	71,2	49,6	40,9	73,5
Data S24 _{max}	2021-02-01	2021-01-19	2021-01-19	2021-02-10
S24 _{min} [µg/m ³]	2,1	1,5	0,8	2,7
S24 _{max} – S24 _{min} [µg/m ³]	2021-03-13	2021-09-05	2021-08-26	2021-12-19

6.2.2. Skład pyłu PM_{2,5}

Wyniki stężeń poszczególnych składników oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w latach 2010-2021, 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 2021 w stosunku do roku 2020 - w tabeli 6.2.4.

Tab. 6.2.4. Wyniki badania składu pyłu PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

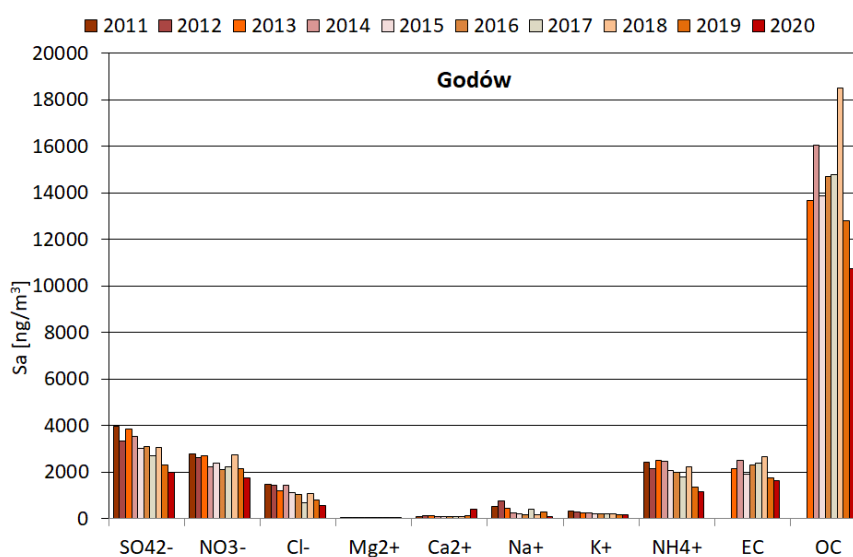
Rok	Stacja	Wyniki pomiarów pyłu PM _{2,5} oraz substancji oznaczanych w pyłe (stężenie średnie roczne)										
		PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
		[µg/m ³]	[ng/m ³]									
2010	Godów	49,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	17,0	2854,5	2163,7	161,1	10,3	49,4	-	147,9	1233,4	-	-
	Puszcza Borecka	15,2	2626,7	2102,5	187,0	39,1	144,2	1291,2	118,7	1117,1	-	-
	Zielonka	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Złoty Potok	21,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Godów	41,9	3947,1	2783,8	1482,8	17,1	72,7	528,1	300,7	2406,6	-	-
	Osieczów	20,4	2682,8	1421,2	81,3	9,9	36,5	126,9	120,7	1211,7	1501,9	6290,9
	Puszcza Borecka	12,8	2104,7	1433,5	54,8	17,7	80,4	294,4	109,1	780,1	561,3	3237,8
	Zielonka	16,1	1780,0	1460,0	130,0	10,0	100,0	120,0	100,0	1080,0	877,3	4248,8
	Złoty Potok	21,3	4679,3	2152,9	584,6	79,5	244,4	4654,4	252,4	1014,3	-	-
2012	Godów	39,9	3325,9	2618,5	1428,4	24,0	109,9	768,7	261,8	2142,4	-	-
	Osieczów	17,0	2212,3	1314,2	80,6	12,0	12,0	181,9	112,4	945,7	1109,7	5097,9
	Puszcza Borecka	13,8	2077,1	1485,2	29,6	13,8	52,7	149,2	92,7	742,7	595,3	3275,7
	Zielonka	15,5	1746,9	1448,1	153,5	11,9	88,6	121,7	100,0	942,9	681,6	4563,7
	Złoty Potok	17,9	4205,4	1859,6	317,2	47,2	321,2	2034,7	139,2	1345,3	-	-
2013	Godów	38,4	3852,1	2708,2	1202,2	19,3	124,4	434,7	225,0	2491,3	2153,3	13658,5
	Osieczów	17,6	2649,4	1399,7	48,7	8,3	32,0	203,3	87,2	1075,0	807,9	5366,9
	Puszcza Borecka	12,8	1829,7	1028,2	16,9	11,3	40,9	133,4	78,5	790,4	509,8	3044,0
	Zielonka	14,5	2301,8	1472,9	197,0	12,3	107,3	116,4	102,9	881,0	524,4	3793,4
	Złoty Potok	23,0	3414,0	1748,9	201,0	25,5	144,3	396,8	94,7	1809,3	1513,4	8070,5
2014	Godów	40,0	3546,2	2229,7	1431,8	16,2	88,3	236,5	238,1	2440,4	2511,8	16057,9
	Osieczów	16,0	2615,6	1164,1	49,2	10,2	32,7	129,7	95,5	1059,6	780,1	5481,44
	Puszcza Borecka	13,8	2102,5	1436,7	75,0	14,8	62,7	166,8	107,8	1143,3	477,2	2935,03
	Zielonka	14,6	2164,5	1630,0	213,1	8,2	88,7	113,4	109,0	1314,9	701,3	6101,8
	Złoty Potok	21,3	3205,7	1390,6	191,1	23,6	190,5	359,9	136,3	1602,0	1272,1	6443,21
2015	Godów	34,9	3015,2	2379,6	1127,9	19,6	91,1	186,3	214,6	2050,5	1885,4	13873,3
	Osieczów	14,6	2277,0	1511,2	54,8	12,2	38,9	185,0	108,3	973,9	754,8	4667,0
	Puszcza Borecka	12,5	1668,8	1666,7	58,7	16,5	82,4	152,3	113,7	1021,4	484,4	3505,3
	Zielonka	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Złoty Potok	18,6	2654,5	1428,4	129,3	22,2	93,5	368,0	150,0	1357,8	1473,2	7759,3
2016	Godów	32,6	3077,4	2095,5	1019,2	16,2	88,6	151,0	198,1	1971,3	2319,2	14713,2
	Osieczów	16,8	2142,3	1623,7	153,9	11,0	28,5	213,7	96,0	964,2	966,5	5140,5
	Puszcza Borecka	11,4	1461,4	1370,2	53,3	8,3	36,0	98,1	73,0	855,2	471,2	3018,3
	Zielonka	12,2	1701,5	1747,3	131,9	9,8	103,0	91,5	93,0	834,4	682,3	4352,0
	Złoty Potok	18,6	2542,1	1458,3	179,8	13,5	65,7	175,8	132,3	1181,7	1410,0	6845,2
2017	Godów	29,7	2704,6	2237,1	678,6	18,2	82,0	407,8	187,1	1775,7	2394,7	14779,1
	Osieczów	16,2	2212,6	1501,8	78,4	11,9	30,3	145,7	97,6	1018,1	714,7	5094,3
	Puszcza Borecka	11,8	1308,9	1493,9	126,7	9,6	39,9	115,3	64,7	590,9	403,4	2941,0
	Zielonka	11,7	1672,9	1407,4	119,0	13,5	176,0	89,4	85,7	1074,7	437,9	3946,0
	Złoty Potok	19,9	2499,1	1563,1	137,0	14,5	51,5	167,7	136,3	1272,7	1366,2	6796,2
2018	Godów	38,5	3065,1	2743,6	1072,0	12,4	69,0	158,1	201,3	2216,3	2659,8	18491,6
	Osieczów	17,1	2022,7	1819,0	149,9	11,0	38,7	199,6	89,4	797,9	584,8	4571,5
	Puszcza Borecka	12,1	1673,1	1452,8	89,8	14,8	78,3	184,6	101,5	811,8	384,3	3331,3
	Zielonka	13,9	1804,5	1583,1	137,2	9,0	159,6	82,3	89,1	980,4	415,7	4976,9
	Złoty Potok	20,0	2453,7	1888,5	143,0	8,7	25,4	152,1	127,0	1419,0	1406,8	8148,3
2019	Godów	30,6	2314,4	2124,9	784,1	16,7	134,2	265,4	173,9	1357,4	1734,2	12785,3
	Osieczów	13,1	1669,1	1286,3	102,0	10,2	29,1	220,8	71,3	631,6	611,3	3593,0
	Puszcza Borecka	11,1	1387,6	1420,5	105,4	10,9	56,3	137,8	72,4	740,7	391,7	2785,3
	Zielonka	9,6	1222,0	993,5	100,9	4,3	87,0	73,0	58,4	819,7	343,9	3380,5
	Złoty Potok	16,1	2034,0	1285,0	74,6	14,7	56,2	272,0	97,4	1000,3	799,7	5598,4
2020	Godów	26,5	1988,4	1742,6	545,8	14,7	400,1	94,8	170,2	1154,8	1630,6	10728,9
	Osieczów	11,5	1435,0	1179,2	127,8	13,2	36,9	262,4	54,8	410,0	533,8	3242,9
	Puszcza Borecka	9,1	1163,1	990,7	83,0	12,4	47,1	98,3	62,4	535,2	301,1	2468,3

Rok	Stacja	Wyniki pomiarów pyłu PM _{2,5} oraz substancji oznaczanych w pyłe (stężenie średnie roczne)										
		PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
		[µg/m ³]	[ng/m ³]									
	Zielonka	8,6	1034,4	990,2	120,8	11,1	156,5	93,2	66,3	281,8	402,4	2773,1
	Złoty Potok	14,7	1933,1	1019,8	126,6	12,8	78,7	233,9	117,8	788,7	917,1	5462,4
2021	Godów	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Osieczów	12,3	1537,9	1206,1	86,5	6,7	82,1	86,1	38,7	600,6	599,4	3713,5
	Puszcza Borecka	9,6	1094,2	1170,5	46,3	10,0	32,9	56,6	68,3	704,0	350,6	2695,3
	Zielonka	8,7	1173,0	1187,1	133,7	10,3	151,2	150,4	68,2	443,9	446,6	2878,4
	Złoty Potok	15,6	1940,2	1275,8	63,2	11,2	102,8	165,1	105,5	1008,5	927,9	6009,7
	Godów	35,3	3083,6	2366,4	1077,3	17,4	126,0	323,1	217,1	2000,7	2161,1	14386,0
średnia 2011-2020	Osieczów	16,0	2191,9	1422,0	92,7	11,0	31,6	186,9	93,3	908,8	836,5	4854,6
	Puszcza Borecka	12,1	1677,7	1377,8	69,3	13,0	57,7	153,0	87,6	801,2	458,0	3054,2
	Zielonka	13,0	1714,3	1414,7	144,8	10,0	118,5	100,1	89,4	912,2	563,0	4237,4
	Złoty Potok	19,1	2962,1	1579,5	208,4	26,2	127,1	881,5	138,3	1279,1	1269,8	6890,4

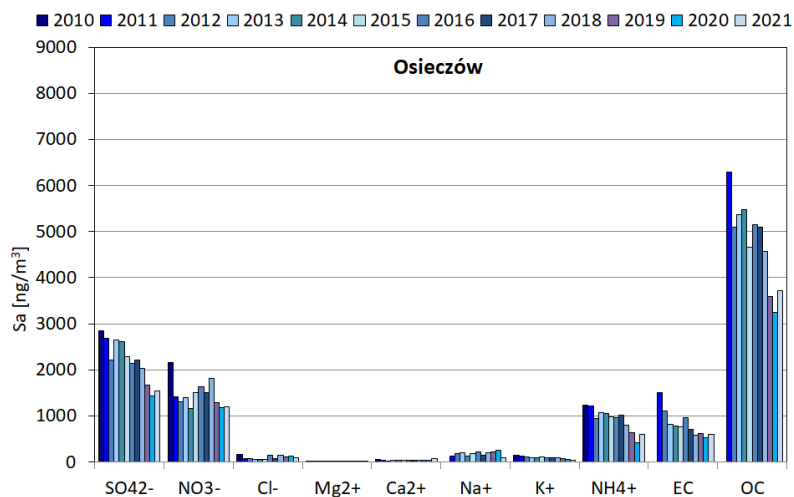
Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń

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

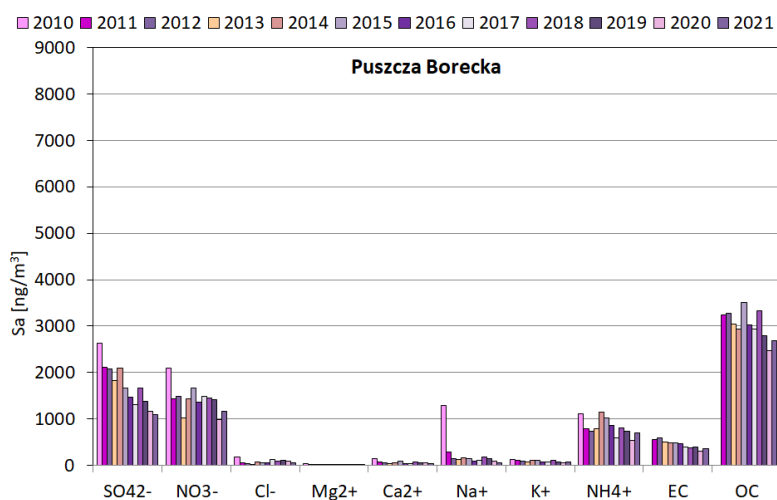
Na rysunkach 6.2.3 – 6.2.7 przedstawiono wartości średnich rocznych stężeń wszystkich mierzonych substancji w okresie objętym pomiarami na każdej ze stacji (dla stacji Godów przyjęto inną skalę niż dla czterech pozostałych; dane z 2021 roku pominięte ze względu na zbyt niską kompletność serii).



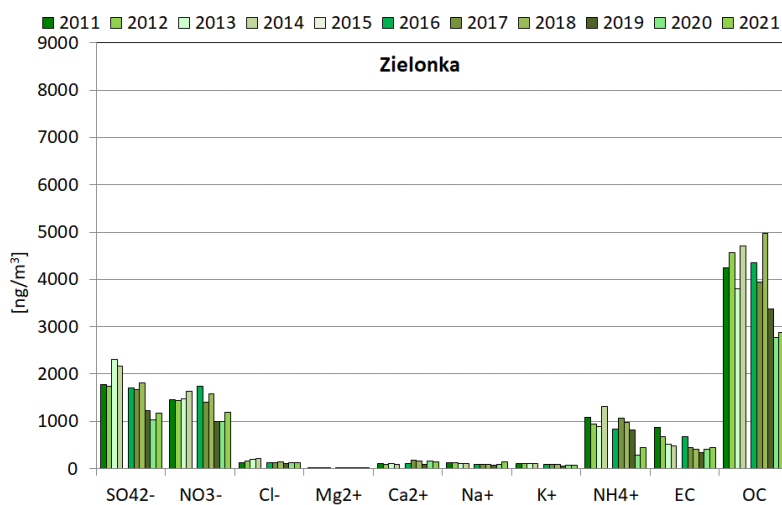
Rys. 6.2.3. Stężenia średnie roczne substancji na stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń Godów w latach 2011-2020. Dane z roku 2021 pominięte ze względu na zbyt niską kompletność danych (źródło danych: PMŚ)



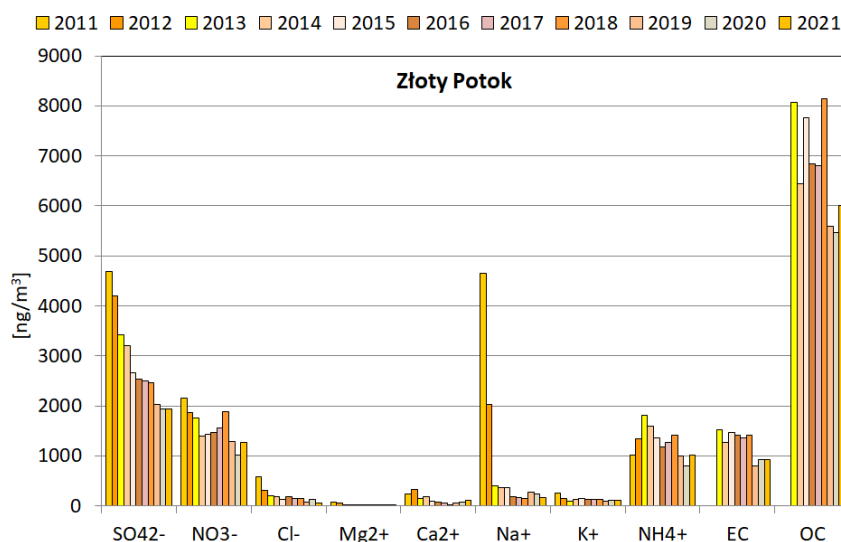
Rys. 6.2.4. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Osieczów w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.2.5. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Puszcza Borecka w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.2.6. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Zielonka w latach 2011-2021 (źródło danych: PMŚ)



Rys. 6.2.7. Stężenia średnie roczne substancji na stacji Złoty Potok w latach 2011-2021 (źródło danych: PMŚ)

W 2021 roku w stosunku do wartości z 2020 roku na wszystkich stacjach, wraz ze wzrostem stężenia pyłu PM_{2,5}, wzrosły stężenia jonów azotanowego i amonowego oraz węgla organicznego i elementarnego. Na trzech stacjach (poza Puszcą Borecką) wzrosły stężenia jonu siarczanowego, na dwóch wapniowego (poza Puszcą Borecką i Zielonką) i potasowego (poza Osieczowem i Złotym Potokiem), a na jednej (Zielonka) sodowego i chlorkowego. W przypadku anionów dla jonów siarczanowych i azotanowych wzrosty wyniosły od 0,4% do 25,1%, a chlorkowych – tam gdzie był wzrost sięgnął 10,7%, a spadki 32,3-50,1%. W przypadku kationów: dla jonu amonowego wzrosty wyniosły od 27,9% w Złotym Potoku do 57,5% w Zielonce, dla wapnia wzrosty sięgnęły 30,6% w Złotym Potoku i 122,7% w Osieczowie, a spadki 3,5% w Zielonce i 30,3% w Puszczy Boreckiej, dla potasu wzrosty to 2,8% w Zielonce i 9,5% w Puszczy Boreckiej, a spadki to 10,4% w Złotym Potoku i 29,3% w Osieczowie, dla jonu sodowego wzrost notowano tylko w Zielonce – na poziomie 61,3%, a na pozostałych stacjach spadki od 29,4% w Złotym Potoku do 67,2% w Osieczowie, stężenia magnezu były mniejsze niż rok wcześniej na wszystkich stacjach, a spadki wyniosły od 7% w Zielonce do 49,1% w Osieczowie. Względne zmiany stężenia węgla sięgały odpowiednio od 1,2% w Złotym Potoku do 16,4% w Puszczy Boreckiej dla węgla elementarnego i od 3,8% w Zielonce do 14,5% w Osieczowie dla węgla organicznego. Największy wzrost odnotowano dla wapnia w Osieczowie (122,7%) i jonu sodowego w Zielonce (61,3%), a największy spadek dla jonu sodowego w Osieczowie (67,2%) i chlorkowego w Złotym Potoku (50,1%).

Tabela 6.2.5. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu PM_{2,5} oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2021 w stosunku do roku 2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
Osieczów	7,1%	7,2%	2,3%	-32,3%	-49,1%	122,7%	-67,2%	-29,3%	46,5%	12,3%	14,5%
Puszcza Borecka	5,4%	-5,9%	18,1%	-44,1%	-19,8%	-30,3%	-42,5%	9,5%	31,5%	16,4%	9,2%
Zielonka	1,4%	13,4%	19,9%	10,7%	-7,0%	-3,4%	61,3%	2,8%	57,5%	11,0%	3,8%
Złoty Potok	6,1%	0,4%	25,1%	-50,1%	-12,2%	30,6%	-29,4%	-10,4%	27,9%	1,2%	10,0%

Zmiany liczbowe zawarte w tabeli 6.2.5 pokazane zostały graficznie w tabeli 6.2.6, jako tendencje zmian stężeń badanych substancji.

Tab. 6.2.6. Tendencje zmian stężenia średniego rocznego pyłu PM_{2,5} oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2021 w stosunku do roku 2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
Osieczów	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↘	↗	↗	↗
Puszcza Borecka	↗	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗
Zielonka	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗
Złoty Potok	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↘	↗	↗	↗

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Podobną analizę przeprowadzono odnosząc średnie stężenia z roku 2021 do wartości średnich z okresu 2011-2020, lub krótszego, dla którego dostępne są dane pomiarowe.

W 2021 roku w stosunku do wartości średnich z wielolecia na stacjach tła regionalnego zmalały stężenia pyłu PM_{2,5} i większości badanych w nim składników. Większe niż średnie z wielolecia były jedynie stężenia jonu wapniowego w Osieczowie (o 160,2%) i Zielonce (o 27,6%), jonów sodowych w Zielonce (o 50,3%) i magnezowych w Zielonce (o 3,4%).

Tabela 6.2.7. Zmiany względne stężenia średniego rocznego pyłu PM_{2,5} oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2021 w stosunku do wartości średniej z wielolecia (źródło danych: PMŚ)

Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
Osieczów	-23,3	-29,8	-15,2	-6,7	-38,9	160,2	-53,9	-58,5	-33,9	-28,3	-23,5
Puszcza Borecka	-20,8	-34,8	-15,0	-33,2	-23,5	-43,0	-63,0	-22,0	-12,1	-23,5	-11,8
Zielonka	-33,0	-31,6	-16,1	-7,7	3,4	27,6	50,3	-23,7	-51,3	-20,7	-32,1
Złoty Potok	-18,8	-34,5	-19,2	-69,7	-57,1	-19,1	-81,3	-23,7	-21,2	-26,9	-12,8

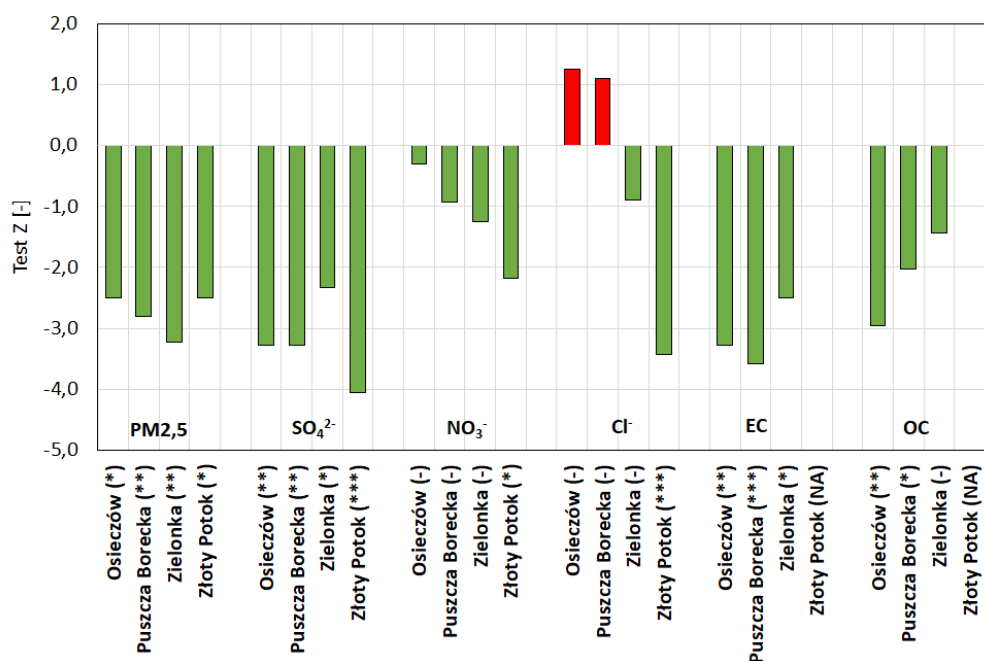
Zmiany stężeń składników pyłu PM_{2,5} w stosunku do wartości średnich z wielolecia wynosiły na ogół od kilkunastu do kilkudziesięciu procent. Wyjątkowo wysoki wzrost odnotowano dla wapnia w Osieczowie (160,2%). Największe spadki dotyczyły potasu w Osieczowie (58,5%), sodu w Osieczowie (53,9%) i jonu amonowego w Zielonce (51,3%).

Wartości liczbowe zawarte w tabeli 6.2.7 pokazane zostały graficznie w tabeli 6.2.8, jako tendencje zmian stężeń pyłu PM_{2,5} i badanych w nim substancji.

Tab. 6.2.8. Tendencje zmian stężenia średniego rocznego pyłu PM_{2,5} oraz substancji w nim oznaczanych w roku 2021 w stosunku do wielolecia (źródło danych: PMŚ)

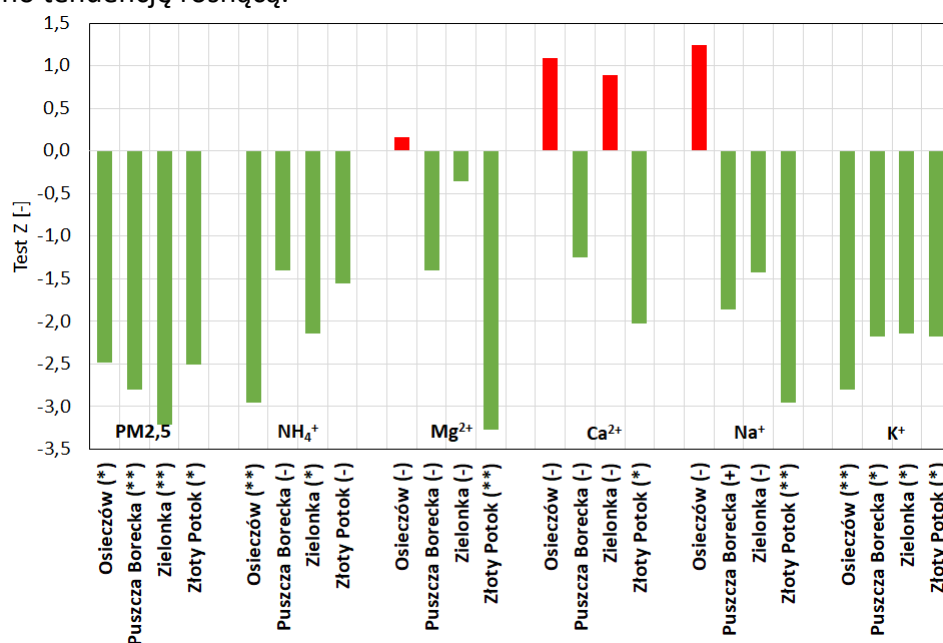
Stacja	PM _{2,5}	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	EC	OC
Osieczów	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↘
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↘	↘	↘	↘
Złoty Potok	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘

Analiza statystyczna wykazała istnienie ujemnych trendów stężenia pyłu PM_{2,5}, siarczanów na wszystkich stacjach, węgla elementarnego na trzech (dla Złotego Potoku pomiary EC i OC są dostępne od 2013 roku, więc dla serii krótszej niż 10 lat nie badano trendu), węgla organicznego na dwóch (Osieczów i Puszcza Borecka), a azotanów i chlorków tylko w Złotym Potoku. Jedynie stężenia chlorków w Osieczowie i Puszczy Boreckiej wykazały tendencję wzrostową. Dla pozostałych zanieczyszczeń widoczne są trendy (o różnym stopniu istotności), bądź tendencje malejące.



Rys. 6.2.8. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} i zawartych w nim anionów oraz węgla organicznego i elementarnego na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

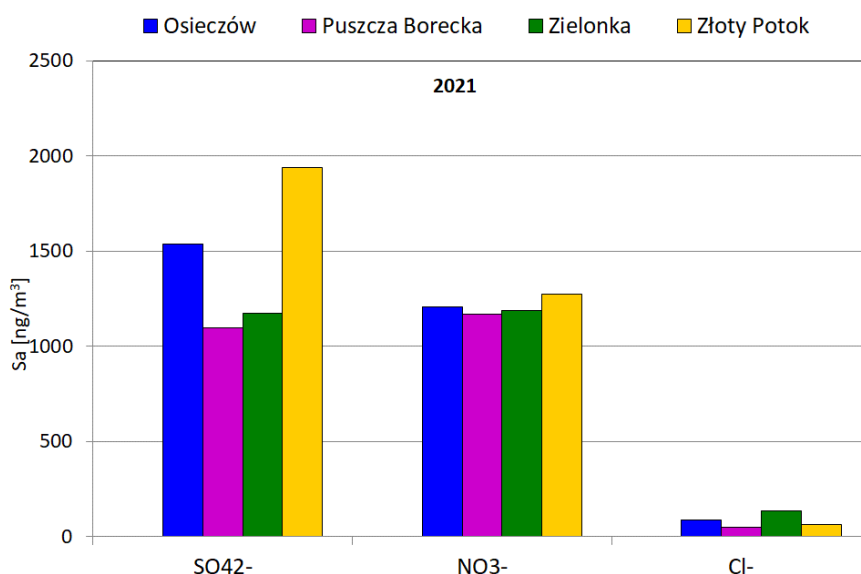
Wśród wyników stężeń kationów w pyłe PM_{2,5} tylko dla potasu odnotowano trendy malejące na wszystkich stacjach. Dla magnezu, wapnia istotny statystycznie trend zaznaczył się tylko w Złotym Potoku, dla sodu w Złotym Potoku i Puszczy Boreckiej, a dla jonu amonowego w Osieczowie i Zielonce. Dla magnezu, wapnia i sodu w Osieczowie oraz dla wapnia w Zielonce zanotowano tendencję rosnącą.



Rys. 6.2.9. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} i zawartych w nim kationów na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

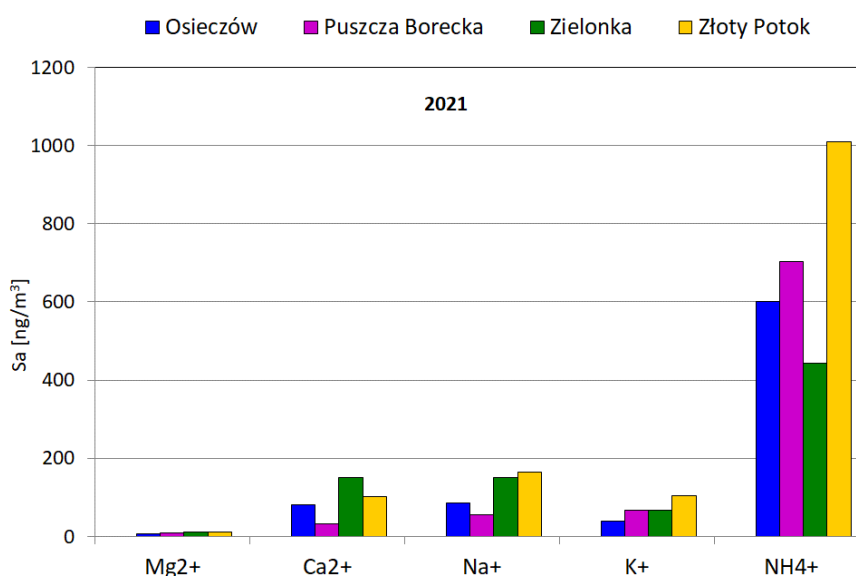
Najwyższe stężenia siarczanów i azotanów oznaczanych w pyłe PM_{2,5} wystąpiły w 2021 roku na stacji Złoty Potok, zaś najniższe na stacjach Zielonka i Puszcza Borecka (Rys. 6.2.10). W przypadku chlorków największe stężenie notowano w Zielonce.

Wśród anionów dominował jon siarczanowy, na drugim miejscu był jon azotanowy, zaś najmniej było jonu chlorkowego. Najbardziej zbliżone wartości na wszystkich stacjach zaobserwowano w przypadku jonu azotanowego.



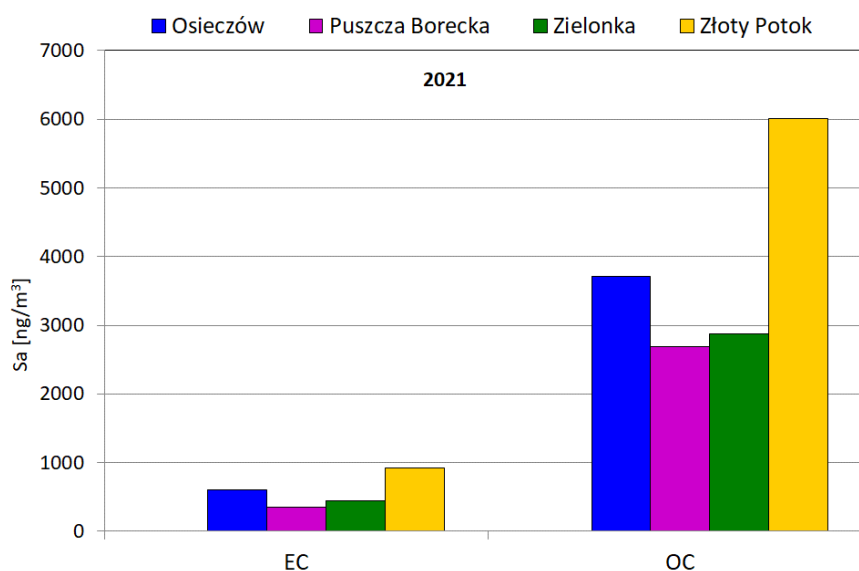
Rys. 6.2.10. Stężenia średnie roczne anionów na stacjach tła regionalnego w roku 2021. Dane ze stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) pominięto ze względu na zbyt niską kompletność serii (źródło danych: PMŚ)

Dla kationów na ogół maksima odnotowano na ogół na stacji w Złotym Potoku. Jedynie w przypadku jonu wapniowego maksimum zaobserwowano w Zielonce; dla jonu sodowego średnie roczne stężenie ze stacji Zielonka znajdowało się na drugim miejscu; dla jonu amonowego na drugim miejscu znalazła się stacja Puszcza Borecka, a dla potasowego drugie miejsce zajęły ex aequo stacje Zielonka i Puszcza Borecka; dla jonu magnezowego uzyskano na wszystkich stacjach bardzo zbliżone wartości stężeń średnich rocznych (Rys. 6.2.11).



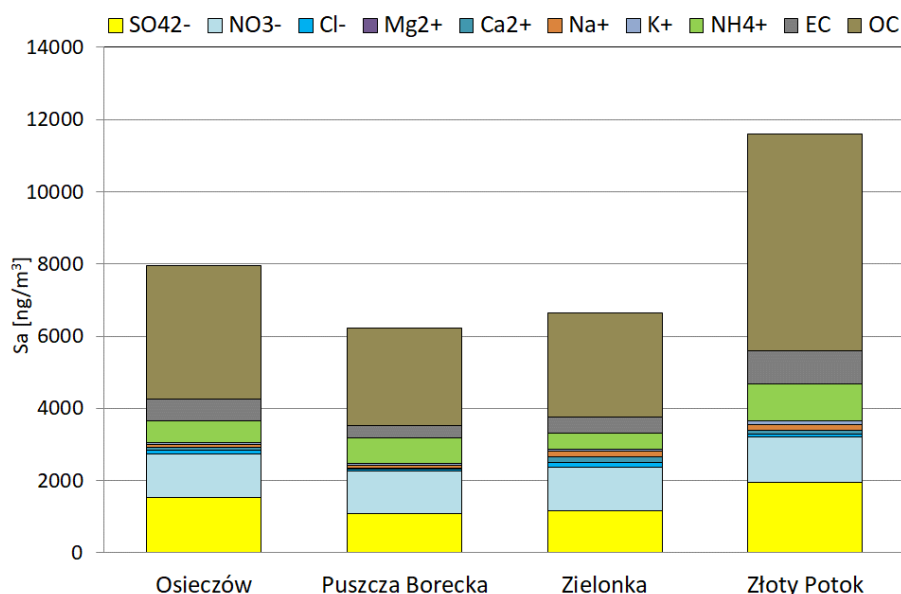
Rys. 6.2.11. Stężenia średnie roczne kationów na stacjach tła regionalnego w roku 2021. Dane ze stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) pominięto ze względu na zbyt niską kompletność serii (źródło danych: PMŚ)

Podobnie jak w latach wcześniejszych, wśród oznaczanych kationów dominował jon amonowy, zaś najmniej było jonu magnezowego. Najwyższe stężenia węgla elementarnego i organicznego wystąpiły w Żółtym Potoku, zaś najniższe w Puszczy Boreckiej i Zielonce (Rys. 6.2.12).



Rys. 6.2.12. Stężenia średnie roczne węgla elementarnego EC i organicznego OC na stacjach tła regionalnego w roku 2021. Dane ze stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) pominięto ze względu na zbyt niską kompletność serii (źródło danych: PMŚ)

Udział substancji zawartych w pyłe PM_{2,5} w skali roku na poszczególnych stacjach przedstawiono na rysunku 6.2.13. Na wszystkich stacjach największymi udziałami w pyłe PM_{2,5} charakteryzowały się w roku 2021 węgiel organiczny, jon siarczanowy i azotany, przy czym wszędzie na pierwszym miejscu znajdował się węgiel organiczny, a na drugim miejscu na stacjach zlokalizowanych na południu - w Osieczowie i Żółtym Potoku – siarczany (a na trzecim azotany), a stacjach zlokalizowanych na północy – w Zielonce i Puszczy Boreckiej – azotany (na trzecim siarczany). W poprzednich latach zdarzało się, że w Puszczy Boreckiej i w Zielonce na drugim miejscu znajdował się jon azotanowy, ale nie zawsze było to regułą. W dalszej kolejności znajdował się jon amonowy, a w przypadku Zielonki węgiel elementarny, który na pozostałych stacjach zajął piąte miejsce. Szóste miejsce zajmował na każdej stacji inny jon: Cl⁻ w Osieczowie, K⁺ w Puszczy Boreckiej, Ca²⁺ w Zielonce i Na⁺ w Żółtym Potoku. Na kolejnym miejscu był jon sodowy na wszystkich stacjach, oprócz Żółtego Potoku (tu wapniowy), a dwa następne miejsca przypadły jonom sodowemu, potasowemu i wapniowemu (Tab. 6.2.9). Najmniejsze stężenia obserwowane były na wszystkich stacjach dla magnezu.



Rys. 6.2.13. Substancje oznaczone w pyłe PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego w roku 2021. Dane ze stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) pominięto ze względu na zbyt niską kompletność serii (źródło danych: PMŚ)

Tab. 6.2.9. Kolejność występowania składników w pyłe PM_{2,5} ze względu na stężenie średnie roczne w 2021 roku (źródło danych: PMŚ)

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

.Dane ze stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (Godów) pominięto ze względu na zbyt niską kompletność serii

Z przeprowadzonych analiz wynika, iż na wszystkich stacjach między 65% (Puszcza Borecka i Osieczów) a 75% (Zielonka) i 76% (Złoty Potok) masy zbieranych próbek pyłu PM_{2,5} stanowiły w 2021 roku substancje, które zostały oznaczone (w 2020 roku udział ten był bardzo zbliżony). Należy podkreślić, że na większości stacji węgiel organiczny i elementarny był oznaczany co drugi dzień, a jedynie w Puszczy Boreckiej codziennie. Bilans wykonano dla uśrednionych wartości rocznych stężenia poszczególnych składników.

6.3. Udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizę dotyczącą udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji podmiejskiej Godów w latach 2010-2021. Ocenę wykonano dla 4 stacji: Godów, Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka, dla których w analizowanych latach prowadzono pomiary zanieczyszczenia powietrza obu rodzajów pyłu. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 6.3.1 i na rysunkach 6.3.1-6.3.2. W roku 2015 pominięto w analizach dane dla pyłu PM_{2,5} ze stacji Zielonka ze względu na serię pomiarową nie spełniającą kryterium kompletności. W roku 2021 taka sama sytuacja dotyczyła stacji w Godowie.

Tab. 6.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w roku na stacjach tła regionalnego oraz na stacji podmiejskiej (Godów) w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

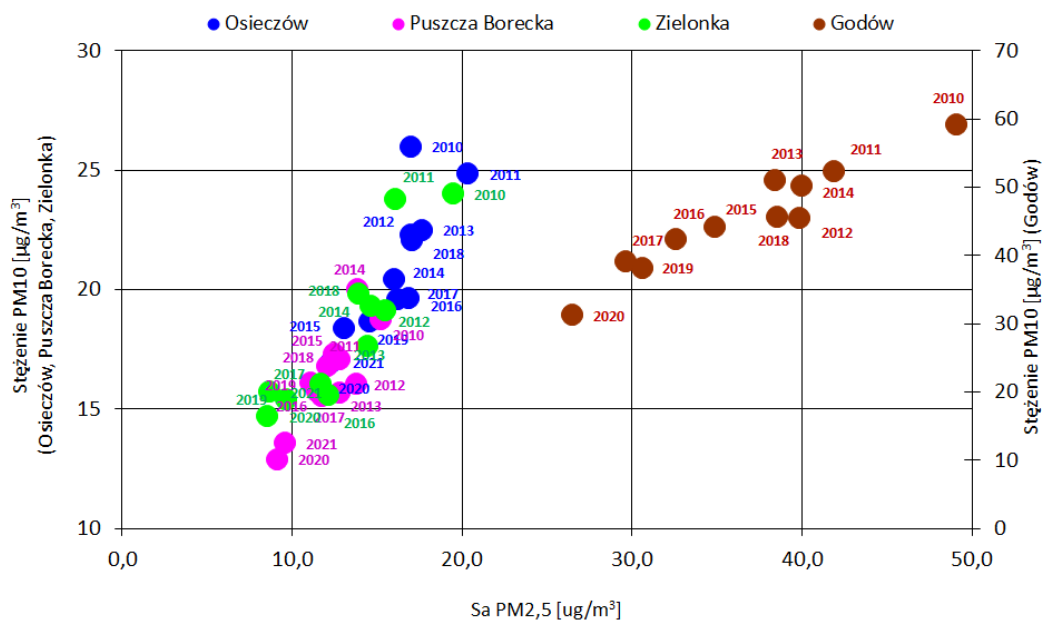
Udział	Godów	Osieczów	Puszcza Borecka	Zielonka
2010	83,0%	65,5%	81,2%	81,3%
2011	80,0%	82,0%	75,1%	67,6%
2012	87,8%	76,3%	86,2%	81,1%
2013	75,4%	78,3%	81,9%	82,1%
2014	79,7%	78,4%	69,3%	75,8%
2015	79,2%	78,1%	72,2%	-
2016	77,0%	85,9%	73,3%	78,1%
2017	75,9%	82,8%	75,9%	73,1%
2018	84,6%	77,3%	72,0%	70,3%
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%
Śr. 2010-2020	80,7%*	76,8%	74,8%	71,4%

Godów - stacja monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń (podmiejska)

Na stacji Godów kompletność wyników dla pyłu PM_{2,5} w 2020 r. 82%; dane z 2021 r. unieważnione z powodu zbyt niskiej kompletności serii

*dla Godowa średnia z lat 2010-2019

Uzyskane wyniki pokazują, że w roku 2021 na wszystkich analizowanych stacjach - poza Zielonką - udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ utrzymał się na poziomie roku poprzedniego. W Zielonce udział ten był mniejszy niż w 2020 roku.

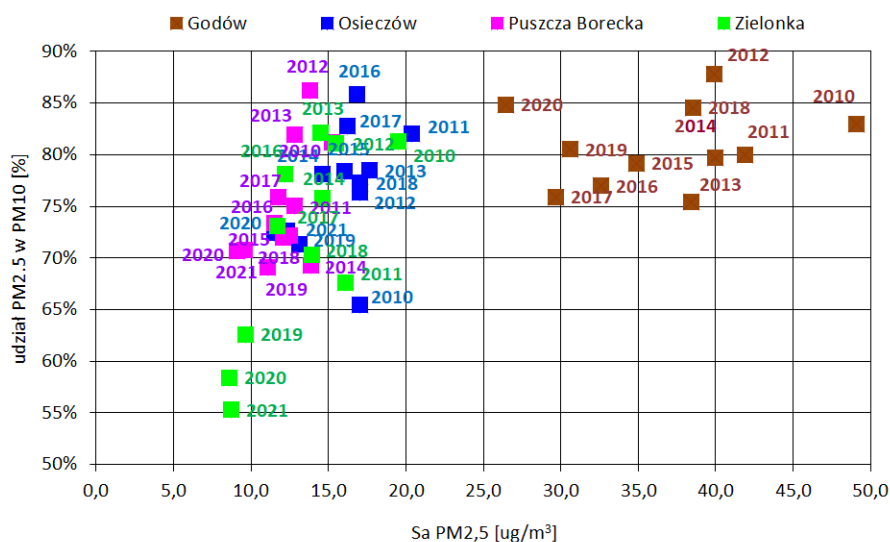


Rys. 6.3.1. Stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} i PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2020 (źródło danych: PMŚ)

Na stacji Godów kompletność wyników dla pyłu PM_{2,5} w 2020 r. 82%; dane z 2021 r. unieważnione z powodu zbyt niskiej kompletności serii

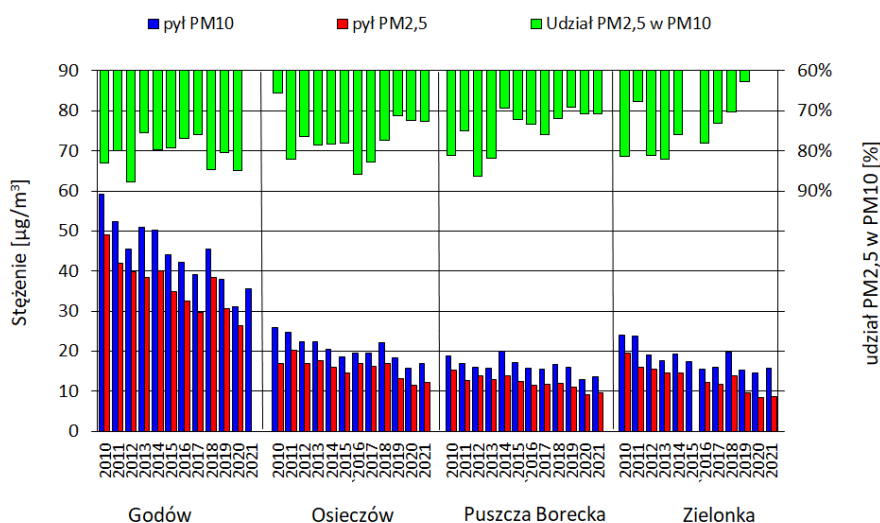
Wyniki analiz przedstawione w rozdziałach 6.1 i 6.2 oraz na rys. 6.3.1 pokazują, że najwyższe stężenia pyłu PM_{2,5} w analizowanym okresie 2010-2021 na stacjach tła regionalnego wystąpiły w roku 2010 (Godów, Puszcza Borecka i Zielonka) oraz 2011 (Osieczów). Podobnie było w przypadku pyłu PM₁₀ - najwyższe stężenia wystąpiły na wszystkich stacjach w roku 2010, z wyjątkiem Puszczy Boreckiej (maksimum w roku 2014). W roku 2021 odnotowano wzrost stężeń obu frakcji pyłu na wszystkich stacjach tła, przy czym skala zmian stężenia z roku na rok była porównywalna w przypadku pyłu PM₁₀ i PM_{2,5}.

Na stacjach tła regionalnego udziały zawartości pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w okresie 2010-2021 zawierały się w granicach od 55,3% do 72,6% (bez Godowa). Najwyższe wartości tego wskaźnika dla poszczególnych stacji zaobserwowano w roku 2012 na stacjach Godów i Puszcza Borecka (ponad 86%), w 2016 w Osieczowie (86%), 2020 w Godowie (85% przy obniżonej do 82% kompletności serii) i w 2013 w Zielonce (82%) - Tab. 6.3.1, Rys. 6.3.2-6.3.3. Najniższy udział w okresie 2010-2021 spośród rozważanych stacji tła zanotowano odpowiednio: w Zielonce w 2021 (55,3%), Osieczowie w roku 2010 (65,5%), Puszczy Boreckiej w 2019 (69,1%) oraz w Godowie w 2013 (75,4%). Rok 2021 charakteryzował się niższymi udziałami w stosunku do analizowanego wielolecia na wszystkich analizowanych stacjach.



Rys. 6.3.2. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w roku na tle stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} na stacjach tła oraz na stacji Godów w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Na stacji Godów kompletność wyników dla pyłu PM_{2,5} w 2020 r. 82%; dane z 2021 r. unieważnione z powodu zbyt niskiej kompletności serii



Rys. 6.3.3. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w roku na tle stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} i PM₁₀ na stacjach tła regionalnego oraz na stacji Godów w latach 2010-2021
(źródło danych: PMŚ)

Na stacji Godów kompletność wyników dla pyłu PM_{2,5} w 2020 r. 82%; dane z 2021 r. unieważnione z powodu zbyt niskiej kompletności serii

6.4. Stężenie pyłu podczas epizodów napływu 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 stężenia pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} na stacjach tła regionalnego (PM₁₀ bez Złotego Potoku, gdzie nie wykonuje się pomiarów PM₁₀) i stacji podmiejskiej w Godowie (bez PM_{2,5} w drugiej połowie roku z powodu awarii pobornika pyłu) w dniach, które Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy wskazał w komunikacie przygotowanym na potrzeby Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska jako dni z napływem powietrza znad północnej Afryki.

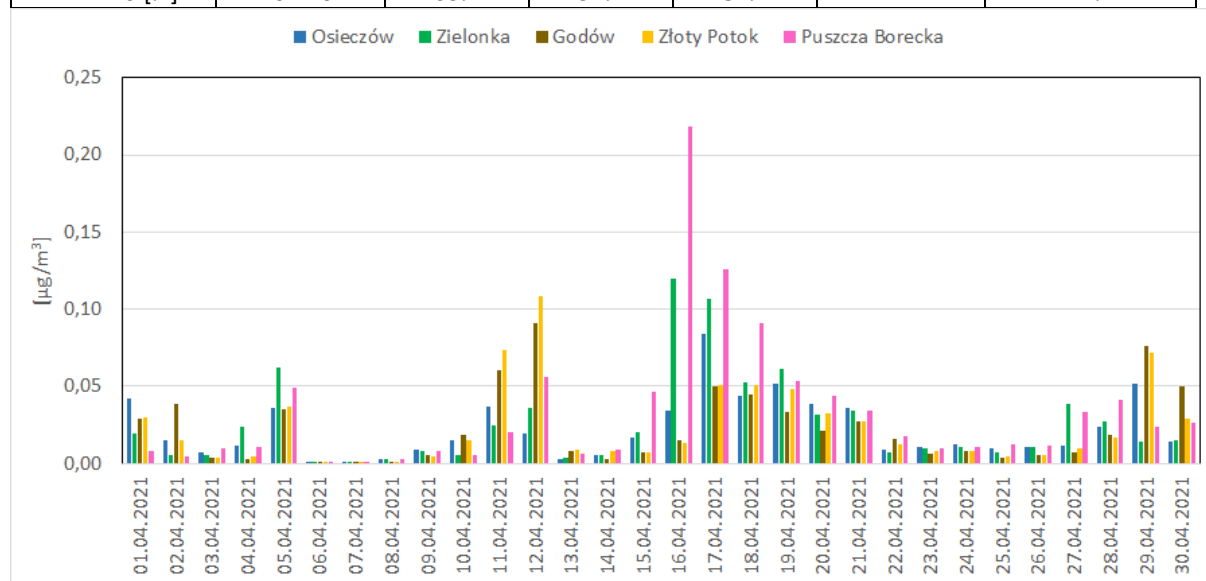
Wyniki stężenia pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} dla stacji tła regionalnego w tych dniach pokazano na tle wartości średnich miesięcznych stężeń pyłu; obliczono także udział frakcji PM_{2,5} w stężeniu pyłu PM₁₀ w dobach z napływem powietrza znad obszarów suchych. Dodatkowo dla każdego miesiąca z potencjalnym epizodem saharyjskim pokazano ładunek pyłu dla poszczególnych stacji tła regionalnego i stacji monitoringu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń, przypisywany napływowi znad suchych obszarów Afryki.

Informacje o ładunku pyłu uzyskano dzięki wykorzystaniu danych pochodzących z europejskiego Serwisu Monitoringu Atmosfery Copernicus (CAMS - Copernicus Atmosphere Monitoring Service).²⁷ 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 pochodzących z pustyń poza obszarem Europy.

²⁷ Źródło danych: IOŚ-PIB na podstawie CAMS <https://atmosphere.copernicus.eu/>

Epizod 1: 11-12.04.2021**Napływ mas powietrza z południa, z nad Libii i Tunezji**

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	11.04.2021	18,4	19,3	29,1		15,5
	12.04.2021	8,4	8,2	30,0		21,0
	średnia IV	13,3	10,4	29,3		10,6
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	11.04.2021	12,2	9,2	24,1	14,5	10,0
	12.04.2021	5,3	4,4	25,1	15,0	16,1
	średnia IV	8,7	5,5	23,2	11,9	7,5
udział PM2,5 w PM10 [%]	11.04.2021	66%	48%	83%		64%
	12.04.2021	63%	54%	84%		77%



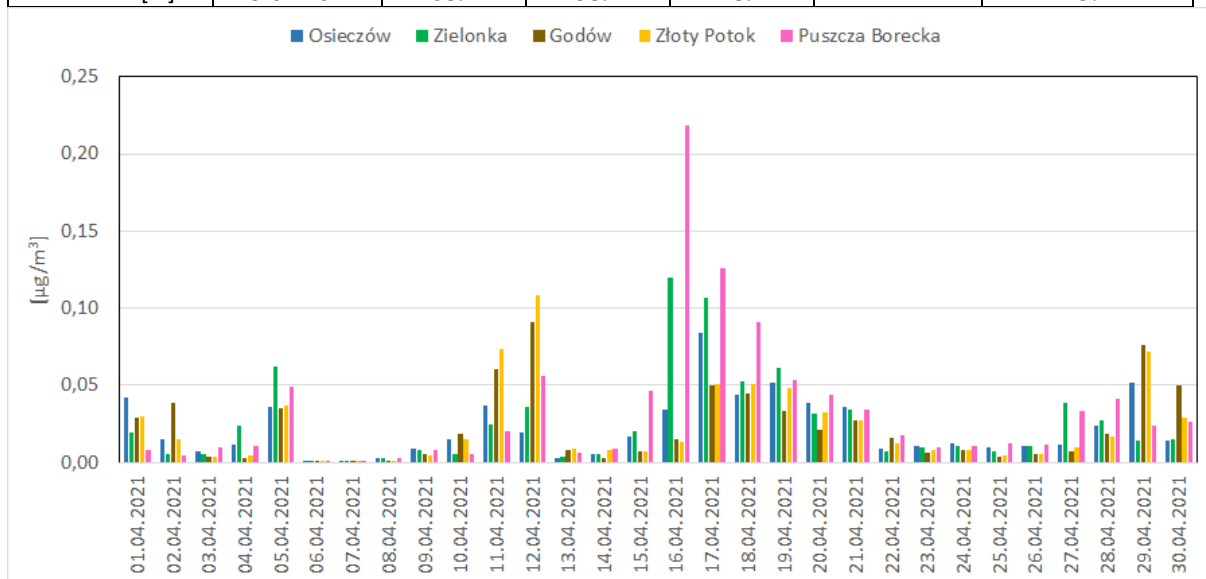
Początkowo napływ objął Polskę południowo-wschodnią, a następnie cały obszar kraju. W pierwszym dniu stężenie pyłu PM10 i PM2,5 było znacząco większe od średniego miesięcznego (dla kwietnia) poza Godowem. W drugim dniu na ogół - poza Puszcza Borecką, gdzie wartości stężeń były większe niż w pierwszym dniu – stężenia spadły i osiągnęły wartości mniejsze niż średnie. Udział pyłu PM2,5 w PM10 był największy w Godowie, gdzie przekroczył 80%. W Osieczowie i Puszczy Boreckiej sięgnął od 63% do 77%, a w Zielonce 48-54%.

Na wykresie widoczny jest niewielki ładunek pyłu we wskazanych dniach, szczególnie występujący w Złotym Potoku i Godowie. Ale tę składową stężenia pyłu widać wyraźniej – zwłaszcza na stacjach na północy kraju – Puszcza Borecka i Zielonka – w późniejszym okresie 16-18 kwietnia.

Epizod 2: 28-29.04.2021

Napływ mas powietrza z południowego wschodu, południa i południowego zachodu, znad Libii, Tunezji i Algierii

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	28.04.2021	19,3	15,8	37,4		11,0
	29.04.2021	17,4	24,2	47,2		15,7
	średnia IV	13,3	10,4	29,3		10,6
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	28.04.2021	13,0	8,5	29,5	14,8	8,0
	29.04.2021	11,9	14,0	37,0	13,1	11,7
	średnia IV	8,7	5,5	23,2	11,9	7,5
udział PM2,5 w PM10 [%]	28.04.2021	67%	54%	79%		73%
	29.04.2021	68%	58%	78%		75%

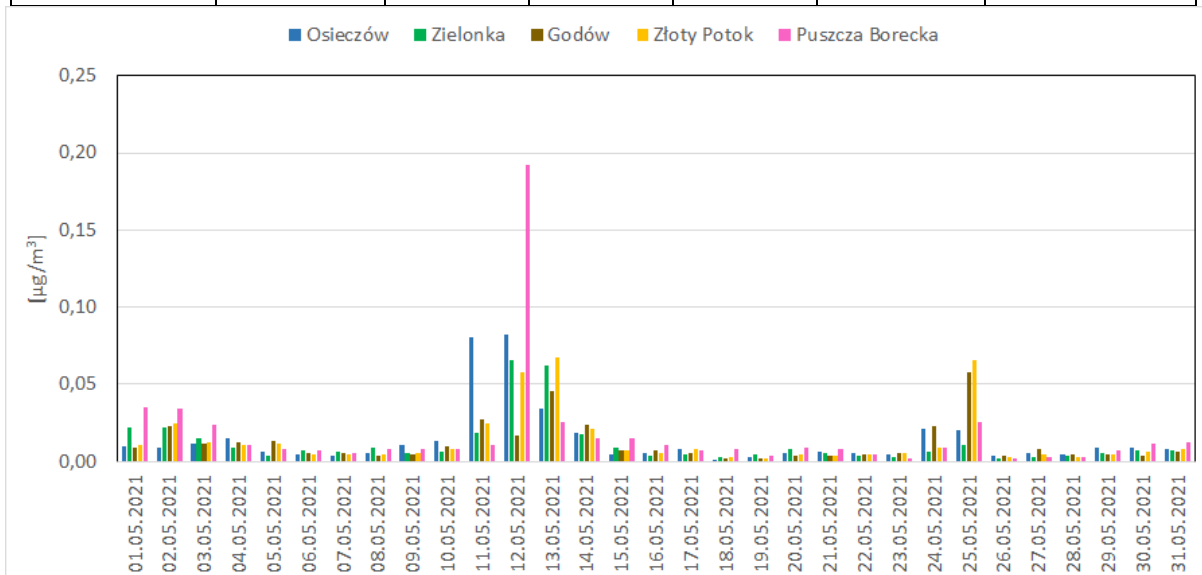


Pod wpływ powietrza zwrotnikowego dostał się cały obszar kraju. Stężenia pyłu PM10 i PM2,5 osiągnęły wartości większe od średnich dla kwietnia, przy czym najmniej było to widoczne w Puszczy Boreckiej. W Godowie i Puszczy Boreckiej można zauważyć udział pyłu PM2,5 przekraczający 70%, w Osieczowie – powyżej 60%, a w Zielonce – ponad 50%. Epizod ten zaznaczył się szczególnie na stacjach w województwie śląskim, ale miał on mniejsze znaczenie niż wcześniejsze w kwietniu.

Epizod 3: 9-11.05.2021

Napływ mas powietrza z południa i południowego zachodu, pod koniec okresu również z południowego wschodu, południa, znad Libii, Algierii i Tunezji

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	09.05.2021	9,0	13,1	25,4		9,0
	10.05.2021	14,9	21,6	17,9		12,3
	11.05.2021	17,8	24,7	17,6		15,8
	średnia V	9,5	12,5	16,3		9,1
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	09.05.2021	6,6	8,0	20,9		6,8
	10.05.2021	9,7	10,5	12,3	7,4	9,2
	11.05.2021	10,5	13,5	11,9	9,6	9,2
	średnia V	6,7	6,8	12,2	7,7	6,3
udział PM2,5 w PM10 [%]	09.05.2021	73%	61%	82%		75%
	10.05.2021	65%	49%	69%		74%
	11.05.2021	59%	55%	68%		58%



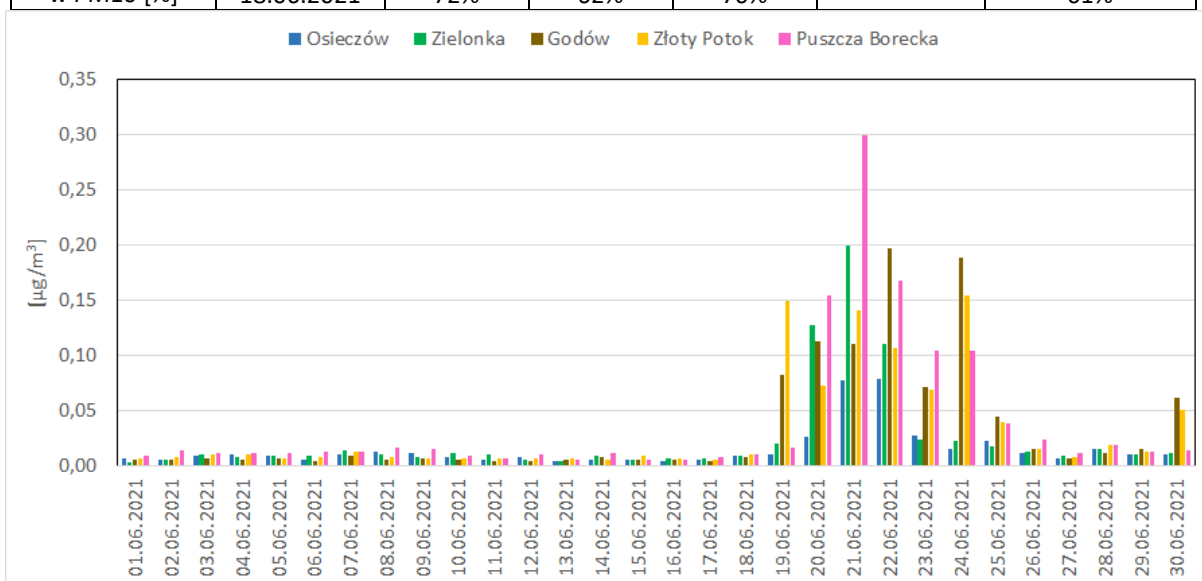
Napływ powietrza zwrotnikowego objął cały obszar Polski. Na stacjach Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka wzrost stężeń pyłu powyżej wartości średnich dla maja zauważono dopiero w drugim i trzecim dniu. Warto zauważyć, że w trzecim dniu epizodu udział pyłu PM2,5 w PM10 był na wszystkich stacjach mniejszy niż zwykle. W Osieczowie i Zielonce miało to miejsce również w drugim dniu.

Powietrze zwrotnikowe napłynęło we wskazanych dniach, ale do stacji dotarło ono kilka dni później – najwcześniej pojawiło się w Osieczowie a potem przez Zielonkę przemieściło się na północny wschód. Największy ładunek pyłu był widoczny 12 maja w Puszczy Boreckiej.

Epizod 4: 17-18.06.2021

Napływ mas powietrza z południowego wschodu i południa, z nad Tunezji, Egiptu i Libii

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	17.06.2021	19,8	18,9	22,7		10,3
	18.06.2021	18,2	21,8	23,0		15,3
	średnia VI	16,2	17,9	20,7		11,1
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	17.06.2021	14,5	11,5	16,5	15,4	6,1
	18.06.2021	13,1	13,4	16,0	13,1	9,4
	średnia VI	11,3	9,6	15,0	10,7	7,4
udział PM2,5 w PM10 [%]	17.06.2021	73%	61%	73%		59%
	18.06.2021	72%	62%	70%		61%

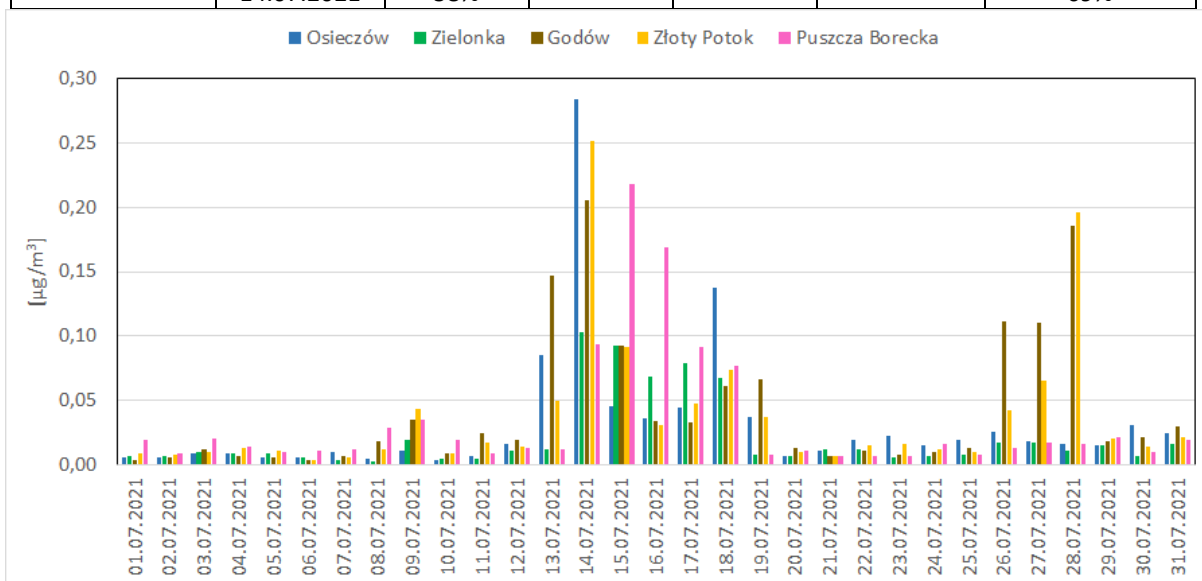


Jako obszar oddziaływania powietrza zwrotnikowego wskazano cały kraj. Wzrost stężenia pyłu PM10 i PM2,5 odnotowano na wszystkich stacjach, wyraźniej na północy kraju. Udział PM2,5 w PM10 oscylował wokół 60% na stacjach północnych i ok. 70% na stacjach południowych. Wygląda na to, że smuga pyłu napływającego z Afryki dotarła 19 czerwca na stacje położone w województwie śląskim (Godów, Złoty Potok) a potem jej wpływ był widoczny w kujawsko-pomorskim (Zielonka) i warmińsko-mazurskim (Puszcza Borecka). Epizod ten trwał na stacjach dłużej niż wskazano w informacji IMGW-PIB.

Epizod 5: 12-14.07.2021

Napływ mas powietrza z południa, południowego wschodu, znad Libii i Tunezji

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	12.07.2021	11,3	17,1			17,1
	13.07.2021	18,6	17,5	20,8		18,6
	14.07.2021	14,7		27,5		16,2
	średnia VII	13,1	13,7	19,2		13,7
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	12.07.2021	7,6	7,7		7,9	12,0
	13.07.2021	12,6	9,8		12,0	12,4
	14.07.2021	8,5	15,9			11,1
	średnia VII	8,6	7,8	12,2	11,1	8,2
udział PM2,5 w PM10 [%]	12.07.2021	67%	45%			70%
	13.07.2021	68%	56%			67%
	14.07.2021	58%				69%

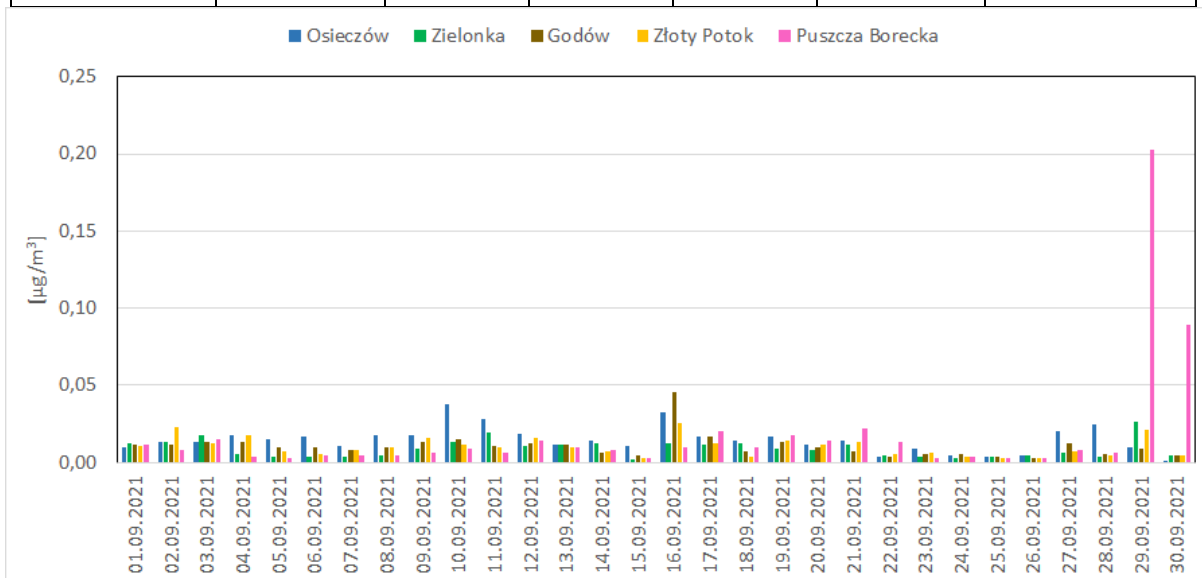


Podczas 3-dniowego epizodu napływu powietrza znad Afryki w lipcu dotarło ono nad cały obszar kraju. Stężenia pyłu PM10 i PM2,5 na wszystkich stacjach poza Puszcą Boreką w przypadku PM2,5, były zbliżone do wartości średnich dla lipca, a udziały PM2,5 w PM10 sięgały od 45 do 56% na stacji w Zielonce i od 58% do 70% w Osieczowie i Puszczy Boreckiej. Epizod jest wyraźnie widoczny na miesięcznym przebiegu ładunków pyłu pochodzenia saharyjskiego notowanych na stacjach – 14 lipca szczególnie w Osieczowie, Złotym Potoku i Godowie, a w następnych dniach w Puszczy Boreckiej i – w mniejszym stopniu – w Zielonce. Kolejny – 3-dniowy miał miejsce w okresie 26-28 lipca i był widoczny tylko na stacjach śląskich – w Godowie i Złotym Potoku.

Epizod 6: 8-11.09.2021

Napływ mas powietrza z południa, południowego zachodu, z nad Libii, Tunezji i Algierii

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	08.09.2021	17,8	27,4	20,3		13,8
	09.09.2021	16,7	30,4	19,9		19,4
	10.09.2021	19,3	29,7	22,7		18,3
	11.09.2021	16,2	22,0	24,3		21,0
	średnia IX	14,3	12,6	20,0		9,6
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	08.09.2021	12,6	12,1		16,3	8,5
	09.09.2021	11,0	12,3		14,8	12,7
	10.09.2021	12,5	12,9		13,1	11,4
	11.09.2021	11,9	9,6		14,1	12,8
	średnia IX	9,0	5,7		10,6	5,3
udział PM2,5 w PM10 [%]	08.09.2021	71%	44%			62%
	09.09.2021	66%	40%			66%
	10.09.2021	65%	43%			63%
	11.09.2021	73%	43%			61%



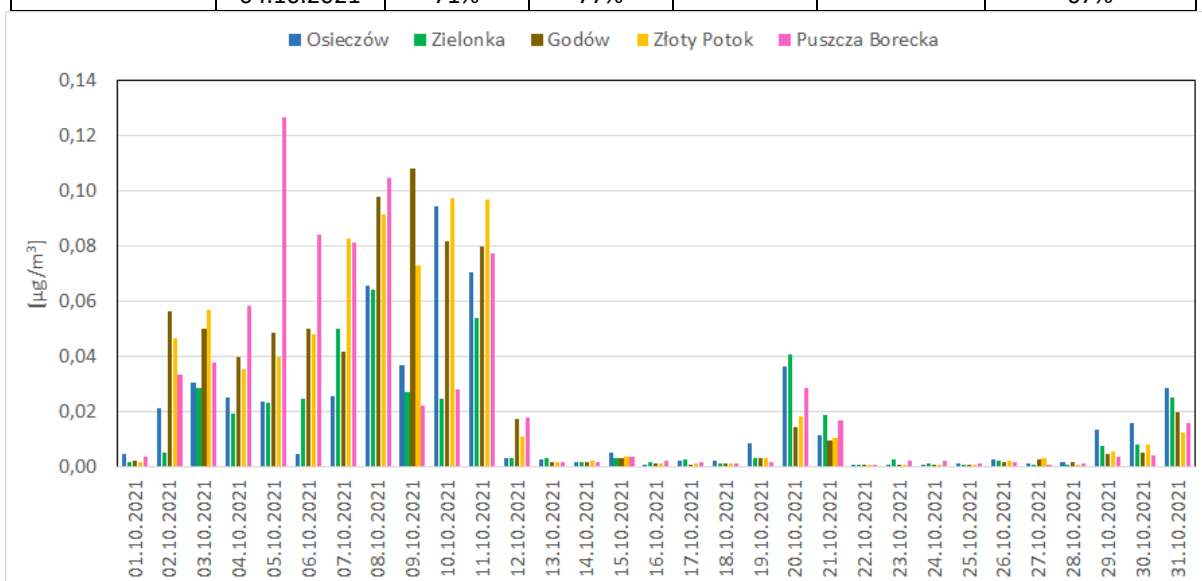
Napływem powietrza zwrotnikowego objęty był cały obszar Polski, pod koniec okresu obszary południowe i wschodnie. Na wszystkich stacjach stężenia pyłu PM10 i PM2,5 były wyższe niż średnie miesięczne, ale udziały PM2,5 w PM10 były stosunkowo niskie – 60-70% w Osieczowie i Puszczy Boreckiej i ok. 40% w Zielonce.

Wskazany okres napływu powietrza zwrotnikowego nie wiązał się ze zwiększeniem stężenia pyłu na stacjach tła regionalnego i w Godowie. W ostatnich dniach września zaznaczył się napływ na stację Puszcza Borecka.

Epizod 7: 2-4.10.2021

*Napływ mas powietrza z południa, południowego zachodu,
z nad Algierii, Tunezji i Maroka*

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	02.10.2021	12,7	20,5	34,7		18,4
	03.10.2021	16,0	20,4	25,5		19,4
	04.10.2021	13,9	20,1	30,1		16,7
	średnia X	17,1	15,1	36,5		14,7
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	02.10.2021	9,1	16,3		15,3	12,9
	03.10.2021	11,8	14,5		15,3	13,0
	04.10.2021	9,8	15,5		13,4	11,3
	średnia X	12,4	10,2		15,4	10,6
udział PM2,5 w PM10 [%]	02.10.2021	72%	79%			70%
	03.10.2021	74%	71%			67%
	04.10.2021	71%	77%			67%

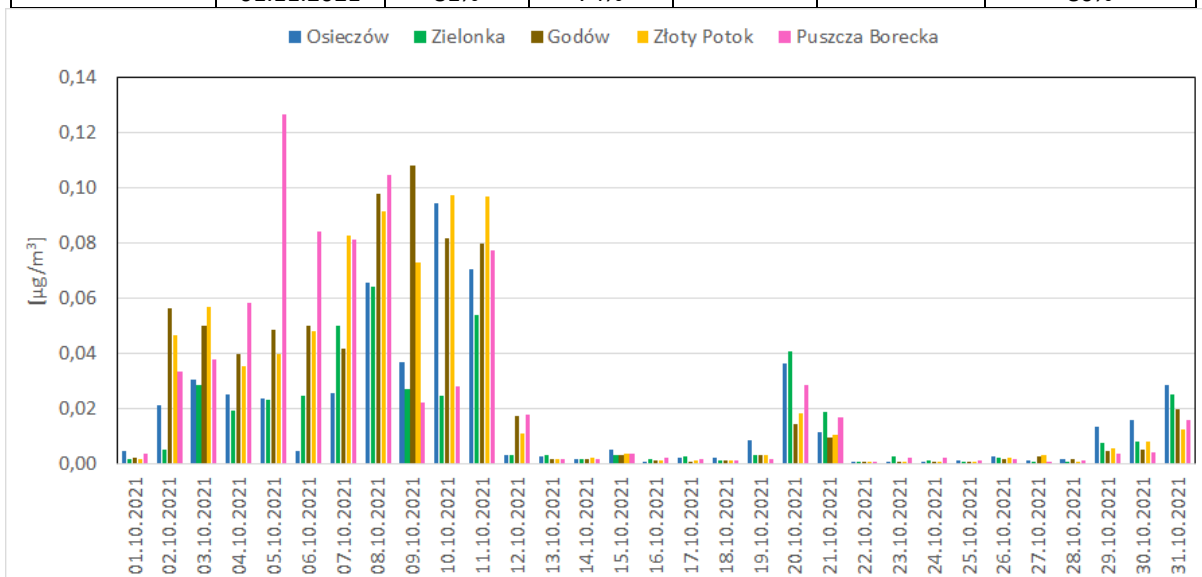


Napływ powietrza zwrotnikowego objął cały obszar Polski, pod koniec okresu obszary wschodnie. W Osieczowie stężenie pyłu PM10 w każdym dniu epizodu było mniejsze od średniego we wrześniu, a pyłu PM2,5 – mniejsze. W Godowie również stężenia pyłu PM10 w poszczególnych dniach były mniejsze od średniego. Natomiast na stacjach zlokalizowanych na północy kraju zarówno stężenia PM10, jak i PM2,5 były wyższe od średnich miesięcznych. Udział PM2,5 w PM10 wynosił ok. 70%, także w Zielonce, co nie jest typowe dla tej stacji. Powietrze zwrotnikowe, które napłynęło nad obszar Polski na początku października przyniosło pył saharyjski na wszystkie stacje i epizod ten trwał ponad tydzień. Początkowo dodatkowy pył pojawił się w Puszczy Boreckiej a w drugiej połowie epizodu – na południu Polski. Warto zauważyć, że był to największy epizod napływu pyłu saharyjskiego spośród wskazanych przez IMGW-PIB okresów napływu powietrza zwrotnikowego z nad północnej Afryki.

Epizod 8: 28.10-1.11.2021

Napływ mas powietrza z południowego zachodu, południa, znad Maroka, Tunezji i Algierii

Parametr	Data	Osieczów	Zielonka	Godów	Złoty Potok	Puszcza Borecka
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	28.10.2021	22,8	15,7	69,2		10,5
	29.10.2021	32,8	32,0	81,0		22,3
	30.10.2021	37,6	29,3	25,8		32,6
	31.10.2021	28,7	25,2	28,1		26,7
	01.11.2021	25,5	26,0	7,9		21,9
	średnia X	17,1	15,1	36,5		14,7
PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	28.10.2021	18,3	9,3		24,6	8,4
	29.10.2021	27,1	22,1		26,7	18,6
	30.10.2021	30,3	21,0		18,2	26,0
	31.10.2021	23,8	17,5		15,1	21,0
	01.11.2021	20,7	19,2		15,3	17,5
	średnia X	12,4	10,2		15,4	10,6
udział PM2,5 w PM10 [%]	28.10.2021	80%	59%			80%
	29.10.2021	83%	69%			83%
	30.10.2021	81%	72%			80%
	31.10.2021	83%	69%			79%
	01.11.2021	81%	74%			80%



Zgodnie z informacją IMGW napływ powietrza zwrotnikowego objął cały obszar Polski. Stężenia pyłu na wszystkich stacjach były większe niż średnie stężenia w październiku. Na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka udział pyłu PM2,5 w pyłe PM10 był równy lub przekraczał 80%, w Zielonce był mniejszy, ale osiągał większe wartości niż zwykle. W porównaniu z epizodem z początku miesiąca ten był ledwo zauważalny na stacjach tła regionalnego, nawet mniej niż niewielki w dniach 20-21 października.

6.5. Depozycja zanieczyszczeń do podłoża

Zgodnie z wymaganiami *Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 11 grudnia 2020 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*²⁸, które zastąpiło *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu*²⁹ (a to z kolei stanowiło nowelizację *Rozporządzenia z dnia 13 września 2012 r.*³⁰) 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 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.

6.5.1. Metale ciężkie

Wskaźniki depozycji metali ciężkich na poszczególnych stacjach dla lat 2010-2021 przedstawiono w tabeli 6.5.1.

Tab. 6.5.1. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021
(źródło danych: PMŚ)

Rok	Stacja	Ni	As	Cd
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dzień}$]		
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

²⁸ *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)*

²⁹ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2018 r. poz. 1119)*

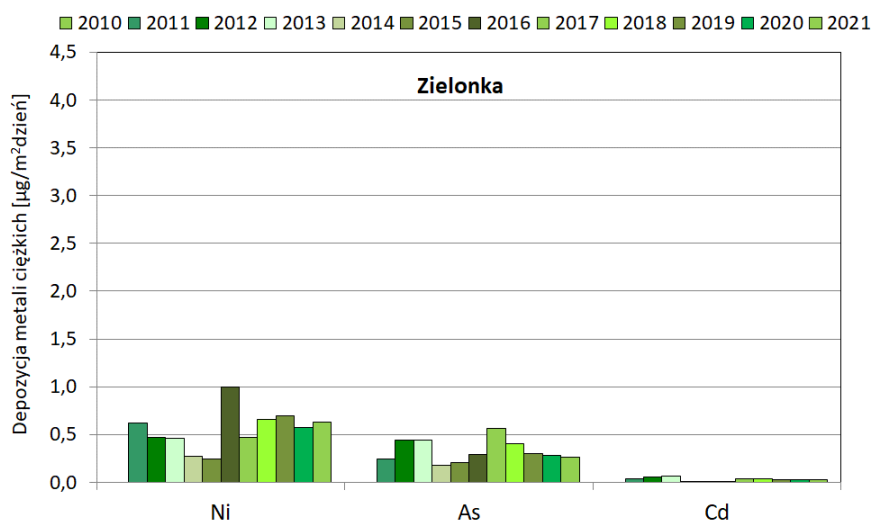
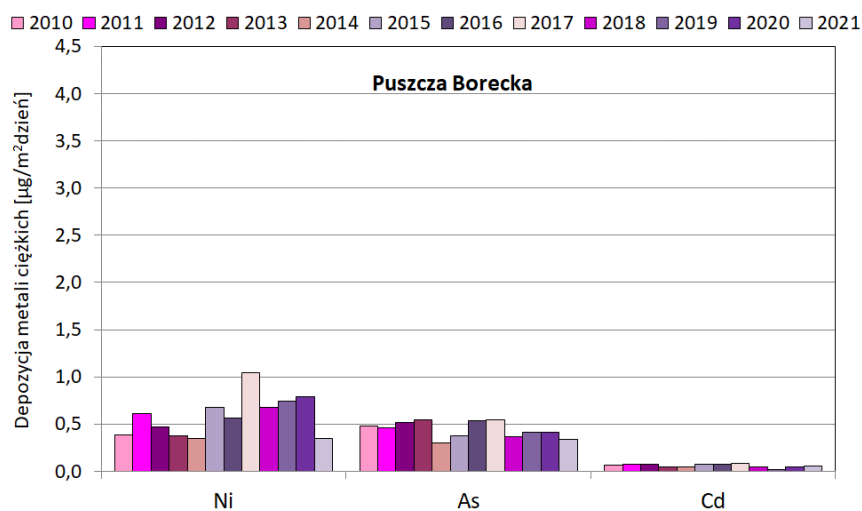
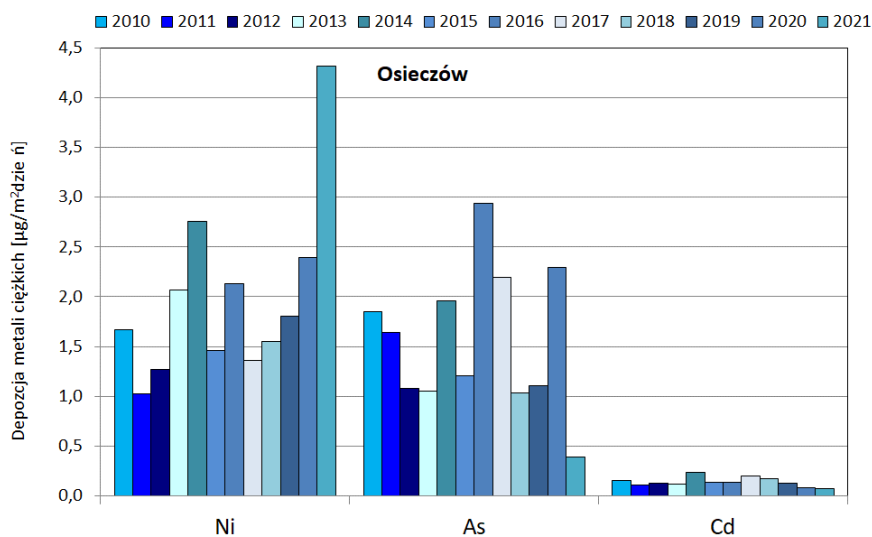
³⁰ *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032)*

Rok	Stacja	Ni	As	Cd
		[µg/m ² dzień]		
	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	2,13	2,93	0,13
	Puszcza Borecka	0,56	0,54	0,07
	Zielonka	1,00	0,29	0,01
2017	Osieczów	1,36	2,20	0,20
	Puszcza Borecka	1,05	0,54	0,08
	Zielonka	0,47	0,56	0,04
2018	Osieczów	1,55	1,03	0,17
	Puszcza Borecka	0,67	0,37	0,05
	Zielonka	0,66	0,41	0,04
2019	Osieczów	1,80	1,11	0,13
	Puszcza Borecka	0,74	0,41	0,02
	Zielonka	0,70	0,30	0,03
2020	Osieczów	2,39	2,29	0,08
	Puszcza Borecka	0,79	0,41	0,04
	Zielonka	0,57	0,28	0,03
2021	Osieczów	4,31	0,39	0,07
	Puszcza Borecka	0,35	0,34	0,05
	Zielonka	0,63	0,26	0,03
średnia 2010-2020	Osieczów	1,771	1,668	0,145
	Puszcza Borecka	0,607	0,450	0,061
	Zielonka**	0,545	0,335	0,033

* dane unieważnione, wysoka granica oznaczalności

** dla Zielonki średnia z lat 2011-2020

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 2010-2021; 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 2021 w stosunku do roku 2020 (Tab. 6.5.2). Na stacji Osieczów wysokość opadu (wykorzystana do wyznaczenia depozycji metali ciężkich) była znacznie większa od obserwowanej w roku poprzednim (o 67,3%), na stacji Puszcza Borecka mniejsza o 27%, a na stacji Zielonka mniejsza o 11,9%.

Tab. 6.5.2. Względne zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów na stacjach tła regionalnego w roku 2021 w stosunku do wartości z roku 2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	[%]			
Osieczów	80,5	-82,9	-10,0	67,3
Puszcza Borecka	-55,8	-17,9	25,2	-2,7
Zielonka	10,0	-9,0	4,0	-11,9

Na stacji Osieczów odnotowano zwiększenie wskaźnika depozycji niklu, a spadek wskaźników depozycji kadmu i arsenu w roku 2021 w stosunku do wartości z roku 2020. Względne zmiany wyniosły odpowiednio: 80,5% dla depozycji niklu, -82,9% dla arsenu i -10,0% dla kadmu.

Analiza zmian pokazuje, że na stacji Puszcza Borecka w roku 2021 w stosunku do wartości z roku poprzedniego odnotowano znaczące zmniejszenie wskaźnika depozycji niklu (o 55,8%) i arsenu o 17,9% a zwiększenie wskaźnika dla kadmu o 25,2%.

Na stacji Zielonka stwierdzono wzrost wskaźników depozycji niklu o 10% i kadmu o 4%, a spadek wskaźnika depozycji arsenu o 9,0% w stosunku do wartości zanotowanych w roku 2020.

Reasumując, można stwierdzić, że wskaźniki depozycji arsenu uległy zmniejszeniu na wszystkich stacjach, niklu były większe niż rok wcześniej na stacjach Osieczów i Zielonka, a dla kadmu odnotowano wzrost na stacjach w Puszczy Boreckiej i w Zielonce. Tendencje zmian wskaźników depozycji poszczególnych metali i wysokości opadu na każdej ze stacji przedstawiono w tabeli 6.5.3.

Tab. 6.5.3. Tendencje zmian wskaźników depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w roku 2021 w stosunku do roku 2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	tendencja zmian			
Osieczów	↗	↘	↘	↗
Puszcza Borecka	↘	↘	↗	↘
Zielonka	↗	↘	↗	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Podobną analizę przeprowadzono odnosząc wskaźniki depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów w roku 2021 do wartości średniej z lat 2010-2020 dla Osieczowa i Puszczy Boreckiej i średniej z lat 2011-2020 dla Zielonki (Tab. 6.5.4 i 6.5.5). Na dwóch spośród trzech stacji – Puszcza Borecka i Zielonka – wysokości opadów były w roku 2021 mniejsze niż średnie z wielolecia, a w Osieczowie - większa.

Tab. 6.5.4. Względne zmiany wskaźników depozycji metali ciężkich i rocznych sum wysokości opadów na stacjach tła regionalnego w roku 2021 w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2020 (źródło danych: PMŚ)

Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	[%]			
Osieczów	143,5	-76,6	-49,5	19,3
Puszcza Borecka	-42,6	-25,3	-11,3	-6,0
Zielonka*	14,9	-22,7	-12,8	-31,4

*dla Zielonki średnia z lat 2011-2020

Na stacji Osieczów odnotowano zmniejszenie wskaźnika depozycji dwóch spośród trzech badanych metali ciężkich w roku 2021 w stosunku do wartości z średnich z lat 2010-2020. Spadkowi uległ wskaźnik dla arsenu – o 76,6% i kadmu – o 49,5%, natomiast wskaźnik dla niklu był większy o 143,5% od wartości średniej.

Na stacji Puszcza Borecka w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2020 w roku 2021 odnotowano zmniejszenie wskaźnika depozycji niklu o 42,6%, a zmniejszenie wskaźników dla arsenu o 25,3% i kadmu o 11,3%. Wysokość opadu, uwzględniona przy obliczaniu wielkości depozycji metali ciężkich, była mniejsza niż średnia z wielolecia o 6,0%.

Nieco podobną sytuację obserwowano na stacji Zielonka - wzrost wskaźnika depozycji niklu w stosunku do średniej z lat 2011-2020 o 14,9%, a spadek wskaźników arsenu o 22,7% i kadmu o 12,8%.

Tendencje zmian wskaźników depozycji poszczególnych metali i wysokości opadu na każdej ze stacji przedstawiono w tabeli 6.5.5.

Tab. 6.5.5. Tendencje zmian wskaźników depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w roku 2021 w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2020 (źródło danych: PMŚ)

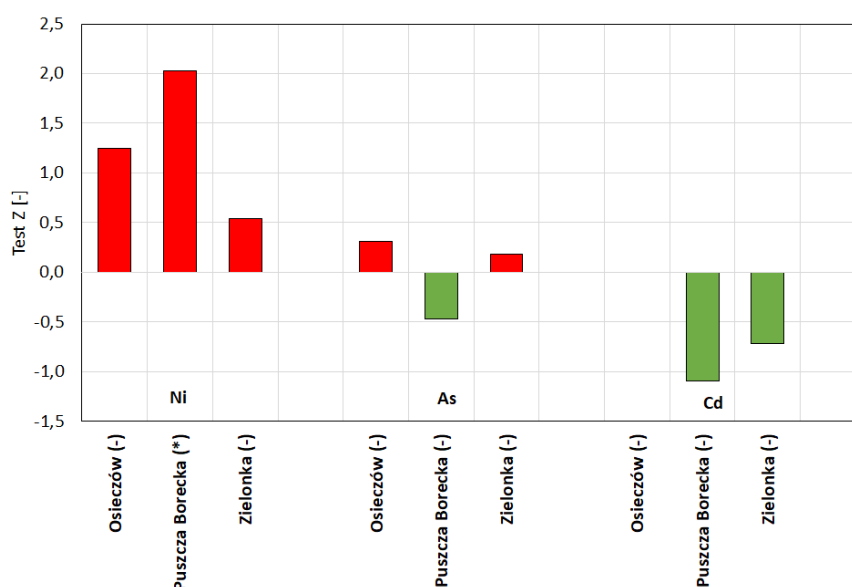
Stacja	Ni	As	Cd	Wysokość opadu
	tendencja zmian			
Osieczów	↗	↘	↘	↗
Puszcza Borecka	↘	↘	↘	↘
Zielonka*	↗	↘	↘	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

*dla Zielonki średnia z lat 2011-2020

Reasumując, można stwierdzić, że wskaźniki depozycji arsenu i kadmu uległy zmniejszeniu w stosunku do wartości średnich z wielolecia, a niklu zwiększeniu na dwóch stacjach.

Trend rosnący w okresie 2010-2021 stwierdzono jedynie dla wskaźników depozycji niklu na stacji Puszcza Borecka. Na dwóch pozostałych stacjach dla tego metalu zaznaczyła się tendencja rosnąca. Wystąpiła ona również w Osieczowie i Zielonce w przypadku serii dla arsenu. Tendencja malejąca charakteryzowała serie wskaźników depozycji arsenu w Puszczy Boreckiej oraz kadmu w Puszczy Boreckiej i Zielonce. Nie stwierdzono żadnej tendencji dla wskaźników depozycji kadmu w Osieczowie.

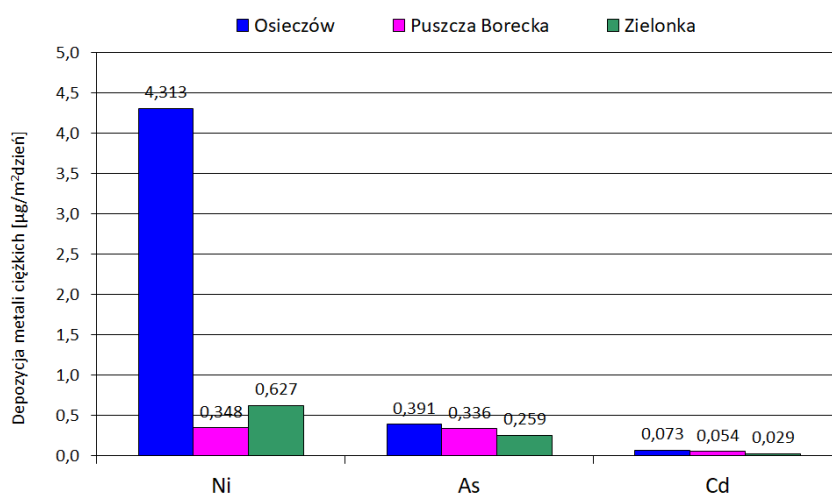


Rys. 6.5.2. Trendy i tendencje zmian wskaźników depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Spośród badanych metali ciężkich największe wskaźniki depozycji odnotowano w roku 2021 dla niklu w Osieczowie, przy czym przewaga niklu nad innymi metalami była bardzo duża (zwłaszcza w porównaniu do lat 2016 i 2017, gdy dominował arsen). Na kolejnych miejscach pod względem wielkości wskaźnika znalazł się nikiel w Zielonce, a następnie arsen w Osieczowie i Puszczy Boreckiej. Na wszystkich trzech stacjach najmniejszy był wskaźnik depozycji kadmu, z maksimum w Osieczowie i minimum w Zielonce (Rys. 6.5.3).

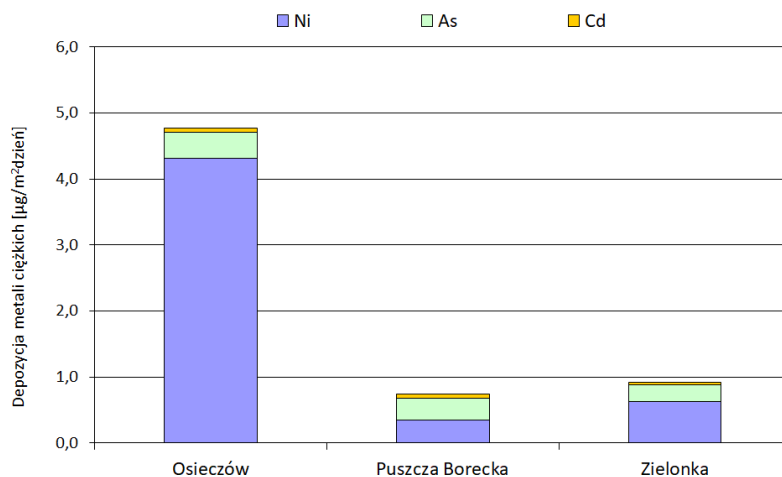
W roku 2021, podobnie jak w latach wcześniejszych, największe ilości metali ciężkich zostały zdeponowane na stacji Osieczów (Rys. 6.5.3). Wskaźnik Ni w Osieczowie był ponad 12-krotnie większy niż w Puszczy Boreckiej i blisko 7-krotnie większy niż w Zielonce. Wskaźnik As był na stacji Osieczów zbliżony do obserwowanych na stacji Puszcza Borecka i Zielonka, natomiast wskaźnik depozycji kadmu był niemal 3-krotnie większy od wartości z Zielonki.

Na drugim miejscu pod względem wielkości wskaźników depozycji kadmu i arsenu znalazła się w roku 2021 stacja Puszcza Borecka, ale wartość wskaźnika dla arsenu była zbliżona do wartości z Zielonki, a dla kadmu dwukrotnie większa. Jedynie wielkość wskaźnika depozycji niklu w Puszczy Boreckiej była o 44% mniejsza niż w Zielonce.



Rys. 6.5.3. Wskaźniki depozycji metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w roku 2021
(źródło danych: PMŚ)

W 2021 roku na wszystkich stacjach kolejność wielkości wskaźników depozycji badanych metali ciężkich była następująca: najwięcej było niklu, mniej arsenu, a najmniej kadmu (Rys. 6.5.4). W tym roku nikiel stanowił w Osieczowie 90%, w Zielonce 69%, a w Puszczy Boreckiej 47% oznaczonych metali, arsen – 8% w Osieczowie, 46% w Puszczy Boreckiej i 28% w Zielonce, a kadm odpowiednio 2%, 7% i 3% na poszczególnych stacjach, zaczynając od Osieczowa, kończąc na 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 największy udział arsenu wśród oznaczanych metali odnotowano tylko w latach 2012 i 2013. 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.



Rys. 6.5.4. Wartości wskaźników depozycji poszczególnych metali ciężkich na stacjach tła regionalnego w roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

6.5.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

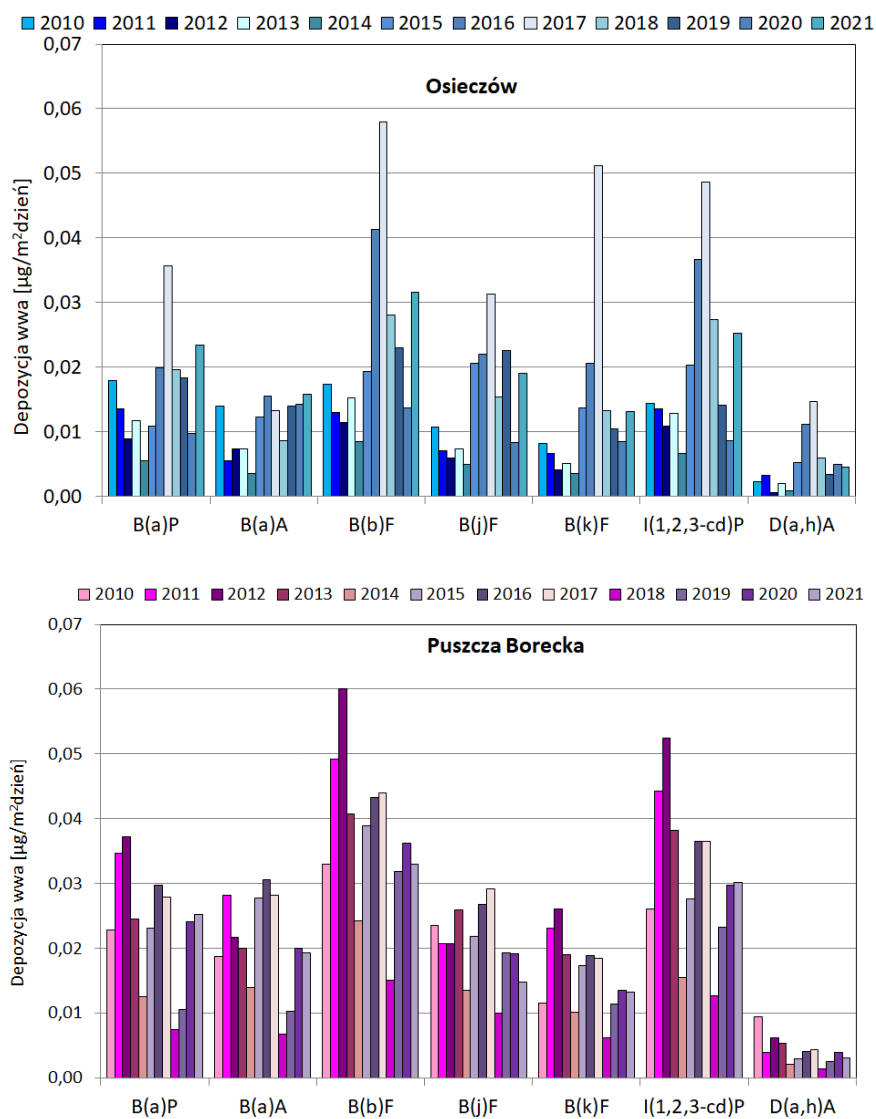
Wartości wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych dla lat 2010-2021 przedstawiono w Tab. 6.5.6.

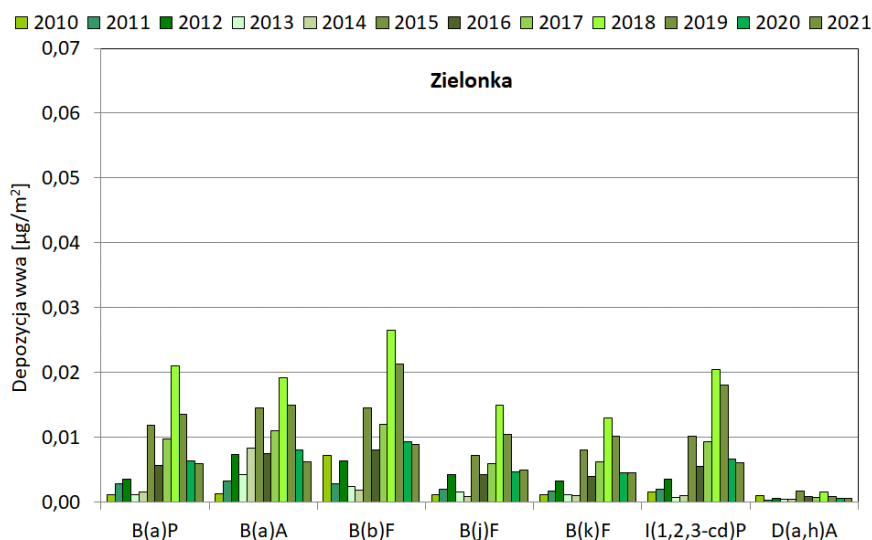
Tab. 6.5.6. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

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/m² 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
	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
2019	Osieczów	0,018	0,014	0,023	0,023	0,010	0,014	0,003
	Puszcza Borecka	0,011	0,010	0,032	0,019	0,011	0,023	0,003

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]						
	Zielonka	0,014	0,015	0,021	0,010	0,010	0,018	0,001
2020	Osieczów	0,010	0,014	0,014	0,008	0,008	0,009	0,005
	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
2021	Osieczów	0,023	0,016	0,032	0,019	0,013	0,025	0,005
	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
średnia 2010-2020	Osieczów	0,016	0,010	0,023	0,014	0,013	0,019	0,005
	Puszcza Borecka	0,023	0,021	0,038	0,021	0,016	0,031	0,004
	Zielonka	0,007	0,009	0,010	0,005	0,005	0,007	0,001

Zmiany wskaźników depozycji poszczególnych WWA z roku na rok w okresie 2010-2021 na każdej ze stacji przedstawiono na rysunku 6.5.5.





Rys. 6.5.5. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021
(źródło danych: PMŚ)

Największe wartości wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych odnotowano w 2021 roku – podobnie, jak w latach 2017, 2018 i 2019, ale inaczej niż w latach wcześniejszych – na stacjach Puszcza Borecka i Osieczów (dla większości WWA większe wartości zanotowano na stacji Puszcza Borecka, poza B(j)F, B(k)F i D(a,h)A, dla których odnotowano przewagę wartości ze stacji Osieczów lub równe wskaźniki). Różnice pomiędzy tymi dwiema stacjami były znacznie mniejsze niż we wcześniejszych latach (przed 2017), a wartości ze stacji Zielonka pozostały na najniższym poziomie. Warto zaznaczyć, że już w 2016 roku nastąpiło zbliżenie wartości zmierzonych na stacjach w Puszczy Boreckiej i Osieczowie, a rozbieżności między tymi stacjami – wyraźne we wcześniejszych latach – zmniejszyły się znacząco, głównie wskutek wzrostu wartości w Osieczowie. W roku 2017 wyniki z Osieczowa i Puszczy Boreckiej były zbliżone, z przewagą Osieczowa dla większości badanych WWA. W 2018 wzrosły znacząco wartości z Zielonki i osiągnęły wartości bliskie lub nawet wyższe od tych z Osieczowa, a w 2019 różnice pomiędzy stacjami uległy znaczącemu zmniejszeniu i największe wartości dla poszczególnych WWA notowano na różnych stacjach. W 2020 roku wartości z Osieczowa były zbliżone do wartości z Zielonki.

Dla poszczególnych stacji określono względne zmiany wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i wysokości opadów w roku 2021 w stosunku do roku poprzedniego (Tab. 6.5.7). W roku 2021 na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka sumy opadów, na podstawie których obliczano depozycję WWA były większe niż w roku poprzednim, a w Zielonce mniejsze; względne różnice sięgały od -11,9% w Zielonce, przez 7,5% w Puszczy Boreckiej do 67,9% w Osieczowie.

Na stacji Puszcza Borecka w roku 2021 odnotowano większe wartości wskaźników depozycji wszystkich badanych WWA w stosunku do obserwowanych w roku 2020. Względne wzrosty wartości wskaźników depozycji wyniosły od 29,5% dla benzo(a)antracenu do 240,6% dla dibenzo(a,h)antracenu. Do zwiększenia wskaźników depozycji WWA na tej stacji przyczyniło się przede wszystkim zwiększenie stężeń WWA, a w mniejszym stopniu większa suma opadów.

Tab. 6.5.7. Względne zmiany wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w roku 2021 w stosunku do wartości z roku 2020 (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	142,5	11,5	130,2	126,5	55,1	194,9	-9,7	67,9
Puszcza Borecka	86,0	29,5	55,3	42,9	30,2	67,3	240,6	7,5
Zielonka	-7,3	-22,0	-3,8	4,8	-0,2	-9,0	1,4	-11,9

Na stacji Osieczów wzrost wskaźników odnotowano dla wszystkich węglowodorów, za wyjątkiem dibenzo(a,h)antracenu (spadek o 9,7%). Największy wzrost zanotowano przypadku indeno(1,2,3-cd)pirenu (194,9%), a najmniejszy dla benzo(a)antracenu (o 11,5%).

Zmiany wskaźników depozycji WWA w roku 2021 w stosunku do wartości z roku 2020 widać najmniej wyraźnie na stacji Zielonka, przy czym były to na ogół spadki wskaźników. Największy spadek odnotowano dla benzo(a)antracenu (o 22,0%), najmniejszy dla benzo(b)fluorantenu, a dla benzo(k)fluorantenu i dibenzo(a,h)antracenu zmian praktycznie nie stwierdzono. Wzrost odnotowano jedynie w przypadku benzo(j)fluorantenu (o 4,8%).

Reasumując, można stwierdzić, że na dwóch stacjach – Osieczów i Puszcza Borecka - odnotowano wzrost wskaźników depozycji wszystkich lub większości WWA, a na stacji Zielonka stwierdzono spadek wartości większości wskaźników. Tendencje zmian wskaźników depozycji poszczególnych WWA i wysokości opadu na każdej ze stacji przedstawiono w tabeli 6.5.8.

Tab. 6.5.8. Tendencje zmian wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w roku 2021 w stosunku do roku 2020 (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
	tendencja zmian							
Osieczów	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↗
Puszcza Borecka	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Zielonka	↘	↘	↘	↗	↔	↘	↔	↘

↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Dla poszczególnych stacji określono również względne zmiany wskaźników depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i wysokości opadów w roku 2021 w stosunku do wartości średniej z lat 2010-2020 (Tab. 6.5.9). Na dwóch stacjach sumy opadów były w roku 2021 mniejsze od średnich, przy czym różnice wyniosły -5,1% w Puszczy Boreckiej i -31,4% w Zielonce; wzrost w Osieczowie osiągnął 19,1%.

Na stacji Osieczów w roku 2021 odnotowano większe w stosunku do wartości średnich wartości wskaźników depozycji wszystkich WWA poza dibenzo(a,h)antracenenem i benzo(k)fluorantenem. Względne wzrosty wartości wskaźników depozycji wyniosły od 30,0% dla indeno(1,2,3-cd)pirenu do 50,2% dla benzo(a)pirenu i 50,7% dla benzo(a)antracenu. Dla benzo(k)fluorantenu zmiany nie odnotowano, a spadek dla dibenzo(a,h)antracenu wyniósł 8,3%.

Tab. 6.5.9. Względne zmiany wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w roku 2021 w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2020 (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	50,2	50,7	39,8	33,8	-0,6	30,0	-8,3	19,1
Puszcza Borecka	9,1	-6,3	-12,9	-29,3	-17,4	-3,3	-26,1	-5,1
Zielonka	-17,9	-30,6	-12,6	-5,9	-7,0	-15,5	-31,7	-31,4

Na stacji Zielonka widać wyraźne spadki wskaźników depozycji WWA w roku 2021 w stosunku do wartości średnich, co spowodowało, że wartości wskaźników depozycji badanych WWA na tej stacji były znów (po latach 2018 i 2019) wielokrotnie mniejsze niż na pozostałych dwóch stacjach, co było obserwowane we wcześniejszych latach. Największe spadki odnotowano dla dibenzo(a,h)antracenu (o 31,7%) i benzo(a)antracenu (o 30,6%) a najmniejsze dla benzo(k)fluorantenu (o 7,0%) i benzo(j)fluorantenu (o 5,9%).

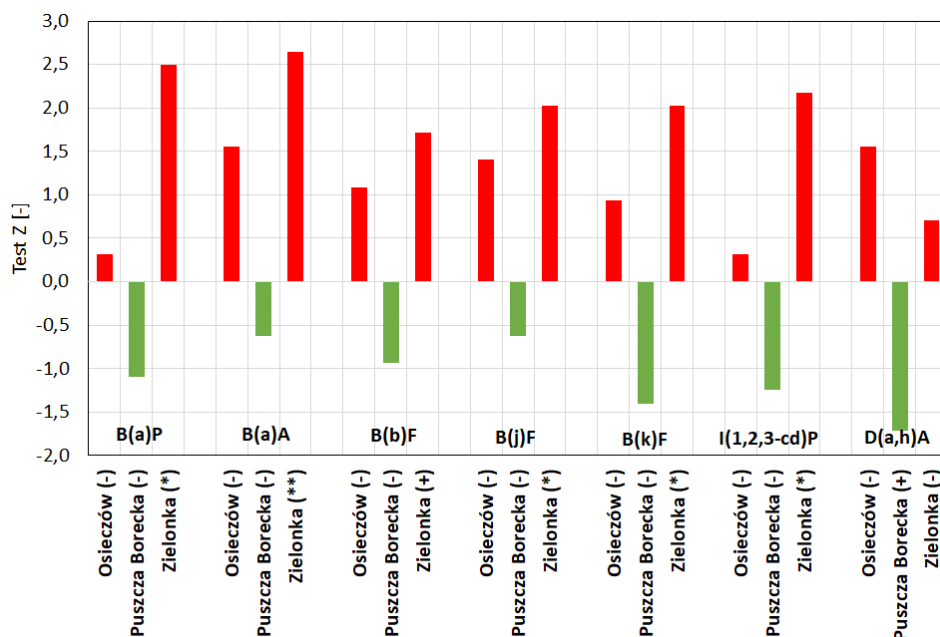
Reasumując, można stwierdzić, że na jednej stacji – Osieczów – odnotowano w roku 2021 wzrost większości wskaźników depozycji WWA w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2020. Na pozostałych dwóch stacjach odnotowano spadek większości (Puszcza Borecka) lub wszystkich (Zielonka) wskaźników depozycji WWA. Tendencje zmian wskaźników depozycji poszczególnych WWA i wysokości opadu na każdej ze stacji przedstawiono w tabeli 6.5.10.

Tab. 6.5.10. Tendencje zmian wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w roku 2021 w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2020 (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
	tendencja zmian							
Osieczów	↗	↗	↗	↗	↔	↗	↘	↗
Puszcza Borecka	↗	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Zielonka	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘

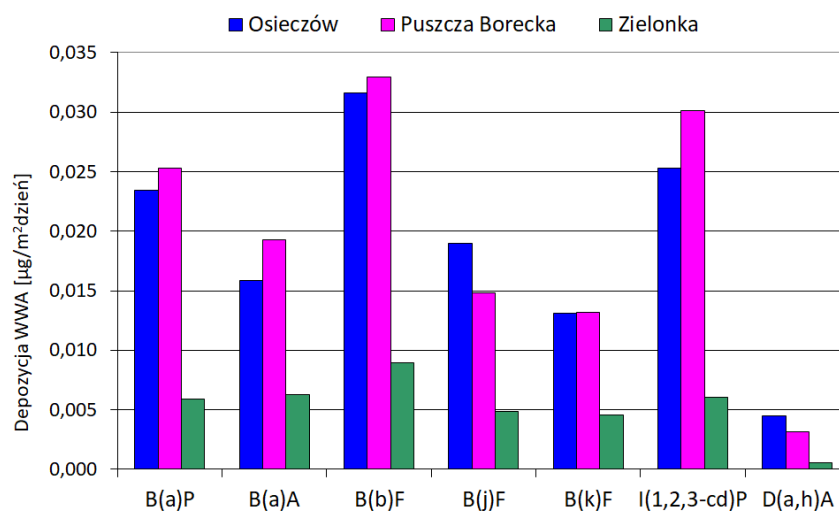
↗ - wzrost stężenia, ↘ - spadek stężenia, ↔ - bez zmian

Analiza wykazała brak trendów dla wskaźników depozycji WWA w Osieczowie i Puszczy Boreckiej (poza D(a,h)A w Puszczy Boreckiej), przy czym w Osieczowie zarysowała się tendencja rosnąca a w Puszczy Boreckiej malejąca (Rys. 6.5.6). Serie pomiarowe z Zielonki charakteryzował istotny statystycznie trend rosnący dla wszystkich WWA oprócz D(a,h)A).



Rys. 6.5.6. Trendy i tendencje zmian wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w latach 2010-2021 (źródło danych: PMŚ)

Spośród badanych WWA największe wskaźniki depozycji stwierdzono w roku 2021 dla benzo(b)fluorantenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu i benzo(a)pirenu na stacjach Puszcza Borecka i Osieczów. Na wszystkich trzech stacjach najmniejszy był wskaźnik depozycji dibenzo(a,h)antracenu. Sytuację tę obrazuje rysunek 6.5.7.

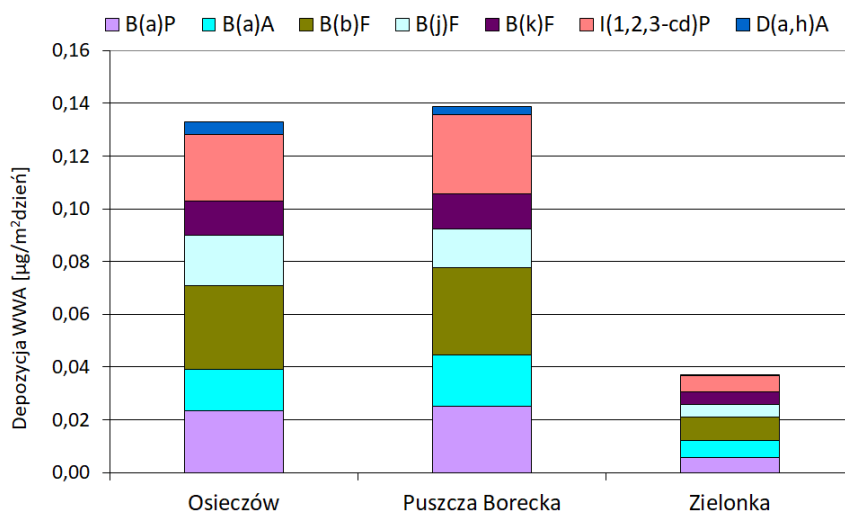


Rys. 6.5.7. Wskaźniki depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w roku 2021 (źródło danych: PMŚ)

W 2021 roku wskaźniki depozycji badanych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zanotowane na stacji w Osieczowie były zbliżone do tych z Puszczy Boreckiej i znacząco większe od zaobserwowanych w Zielonce.

Wskaźniki depozycji w Puszczy Boreckiej i Osieczowie w 2021 roku były maksymalnie 5-8-krotnie większe – dla D(a,h)A - niż w Zielonce; wskaźniki dla pozostałych składników były 3-4-krotnie większe. Różnice pomiędzy Puszczą Borecką i Osieczowem też wynosiły

od 6 do 40% dla poszczególnych węglowodorów (Rys. 6.5.7 i 6.5.8) (w minionych latach kilkaset procent).



Rys. 6.5.8. Wartości wskaźników depozycji WWA na stacjach tła regionalnego w roku 2021 (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. 24% udziału w depozycji WWA na każdej ze stacji miał B(b)F, którego było najwięcej na wszystkich stacjach. Na drugim miejscu był I(1,2,3-cd)P w Osieczowie i w Puszczy Boreckiej z udziałami 19-22% i B(a)A w Zielonce z udziałem 17%. Najmniejszy na wszystkich stacjach był udział D(a,h)A – od 2% w Zielonce i Puszczy Boreckiej do 3% w Osieczowie. Każdy z pozostałych składników wniósł do depozycji WWA na stacjach tła regionalnego po 10-18% udziału.

W tabeli 6.5.11 przedstawiono kolejność poszczególnych WWA – od występującego w największej ilości do występującego w najmniejszej ilości – dla każdej ze stacji. Na wszystkich stacjach na pierwszym miejscu występuje ten sam związek - benzo(b)fluoranten. W Puszczy Boreckiej i Osieczowie na drugim miejscu znalazł się indeno(1,2,3-cd)piren, a w Zielonce benzo(a)antracen. Na trzecim miejscu w Puszczy Boreckiej i Osieczowie jest benzo(a)piren, a w Zielonce indeno(1,2,3-cd)piren. Listę zamykają na wszystkich stacjach benzo(k)fluoranten i dibenzo(a,h)antracen. W 2021 roku obserwowano większe podobieństwo kolejności występowania poszczególnych składników między stacjami Osieczów i Puszcza Borecka, którego nie było wcześniej.

Tab. 6.5.11. Kolejność poszczególnych WWA na stacjach tła regionalnego według wielkości wskaźników depozycji w 2021 roku (źródło danych: PMŚ)

Osieczów	B(b)F	I(1,2,3-cd)P	B(a)P	B(j)F	B(a)A	B(k)F	D(a,h)A
Puszcza Borecka	B(b)F	I(1,2,3-cd)P	B(a)P	B(a)A	B(j)F	B(k)F	D(a,h)A
Zielonka	B(b)F	B(a)A	I(1,2,3-cd)P	B(a)P	B(j)F	B(k)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, ocena jakości powietrza na polskich stacjach tła (pozamiejskiego i regionalnego) wykonana została na tle pomiarów prowadzonych na stacjach pozamiejskich tła w Europie. Analizami objęto okres 2010-2020 z uwzględnieniem wszystkich analizowanych w niniejszym opracowaniu zanieczyszczeń. W ocenie wykorzystano wyniki pomiarów stężeń oraz wskaźników depozycji zgromadzonych w bazie Europejskiej Agencji Środowiska E-reporting.

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

W przypadku analiz wykonywanych na podstawie wartości uśrednionych dla danego kraju, w celu odróżnienia wyników uśrednionych dla pojedynczych stacji, w opracowaniu używa się określenia "obszar tła pozamiejskiego".

7.1. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe 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 2010-2020 na stacjach pozamiejskich tła. Analizy przedstawiono zarówno w skali poszczególnych krajów, jak i dla pojedynczych stacji (stanowisk pomiarowych), ze szczególnym wskazaniem wyników pomiarów uzyskanych na stacjach tła w Polsce.

7.1.1. Pył PM₁₀

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM₁₀ w 2020 roku przeprowadzono na podstawie wyników pomiarów pochodzących z 413 stacji pozamiejskich tła (spełniających kryteria selekcji danych opisane w rozdziale 2), funkcjonujących na terenie 32 krajów europejskich (Tab. 7.1.1 i Rys. 7.1.1). Najwięcej stacji tego typu zlokalizowanych było w Niemczech, Włoszech i Hiszpanii (powyżej 50 w każdym z krajów). Tylko w tych 3 krajach zlokalizowanych było ponad 45% wszystkich stacji tła pozamiejskiego w Europie. W 9 krajach (Cypr, Estonia, Grecja, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Macedonia, Malta i Serbia) ocenę wykonano w oparciu o wyniki pomiarów pochodzących z 1 stacji. Wartości obliczonych parametrów statystycznych dla poszczególnych krajów przedstawiono w Tab. 7.1.1.

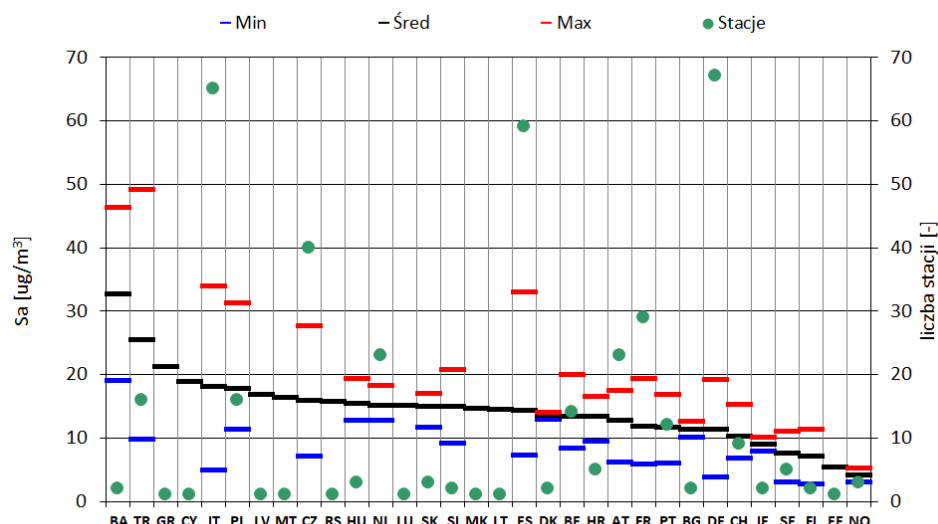
Uzyskane wyniki uśrednione dla danego kraju na obszarach tła pozamiejskiego pokazują, że średnie roczne stężenie pyłu PM₁₀ w Polsce w 2020 roku znajdowało się wśród poziomów powyżej obliczonej średniej dla Europy. Wyższe niż dla Polski wartości uzyskano dla Bośni i Hercegowiny, Turcji, Grecji, Cypru i Włoch. Zdecydowanie najniższe wartości średniego rocznego stężenia pyłu PM₁₀ zaobserwowano dla Norwegii i Estonii (Tab. 7.1.1, Rys. 7.1.1).

W 2020 roku, na stacjach pozamiejskich tła w Europie przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej określonej w celu ochrony zdrowia zanotowano na 3 stacjach, dwóch tureckich i jednej w Bośni i Hercegowinie. Na 21 stacjach funkcjonujących w 6 krajach - w Bośni i Hercegowinie (1 stacja), Czechach (1 stacja), Hiszpanii (1 stacja), Włoszech (14 stacji), Polsce (1 stacja - Godów) i Turcji (3 stacje) w 2020 roku wystąpiło przekroczenie dobowej wartości dopuszczalnej (Tab. 7.1.1).

Tab. 7.1.1. Stężenia średnie roczne pyłu PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

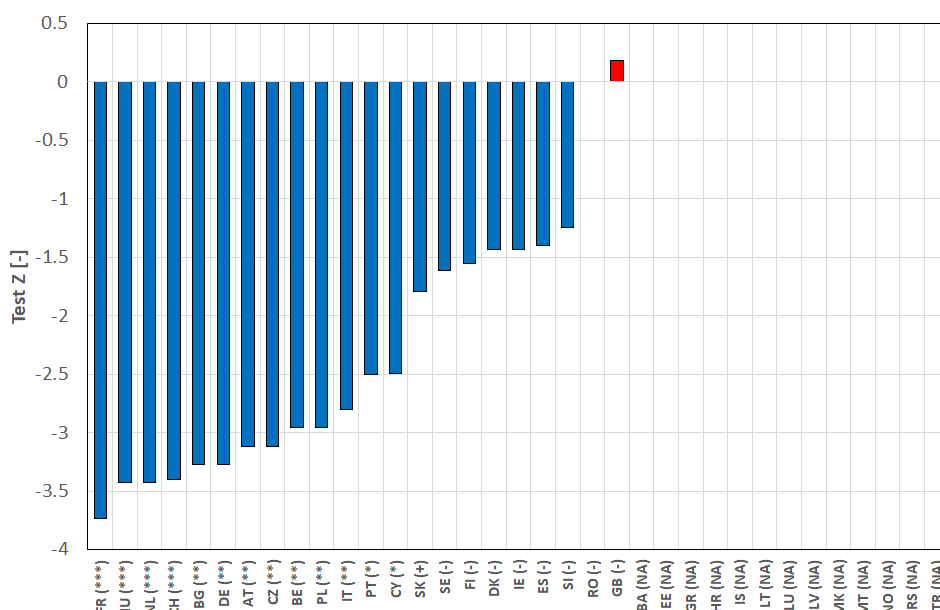
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła			Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie D24	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	23	0	0	6,1	12,6	17,3
BA	2	1	1	18,9	32,6	46,2
BE	14	0	0	8,3	13,3	19,9
BG	2	0	0	10,0	11,3	12,5
CH	9	0	0	6,7	10,2	15,1
CY	1	0	0	18,8	18,8	18,8
CZ	40	1	0	7,0	15,7	27,6
DE	67	0	0	3,8	11,2	19,1
DK	2	0	0	12,8	13,4	14,0
EE	1	0	0	5,3	5,3	5,3
ES	59	1	0	7,1	14,3	32,8
FI	2	0	0	2,6	6,9	11,3
FR	29	0	0	5,7	11,8	19,2
GR	1	0	0	21,2	21,2	21,2
HR	5	0	0	9,3	13,3	16,3
HU	3	0	0	12,7	15,4	19,2
IE	2	0	0	7,8	8,9	9,9
IT	65	14	0	4,8	17,9	33,8
LT	1	0	0	14,4	14,4	14,4
LU	1	0	0	15,0	15,0	15,0
LV	1	0	0	16,7	16,7	16,7
MK	1	0	0	14,5	14,5	14,5
MT	1	0	0	16,2	16,2	16,2
NL	23	0	0	12,7	15,0	18,2
NO	3	0	0	2,9	4,1	5,2
PL ^{*)}	16	1	0	11,2	17,7	31,2
PT	12	0	0	6,0	11,5	16,8
RS	1	0	0	15,6	15,6	15,6
SE	5	0	0	3,0	7,4	10,9
SI	2	0	0	9,0	14,9	20,7
SK	3	0	0	11,6	14,9	16,9
TR	16	3	2	9,6	25,4	49,1
Europa	413	21	3	2,6	14,3	49,1

^{*)} Stacje: Borowiec-Drapalka, Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Florianka RPN, Gajew, Gołuchów, Ujęcie Wody, Godów, ul. Gliniki, Guty Duże, KMŚ Puszcza Borecka, Koniczynka, Osieczów, Parzniewice, Polańczyk-mobilna, Smolary Bytnickie, Szymbark, Żłoty Potok, Leśniczówka



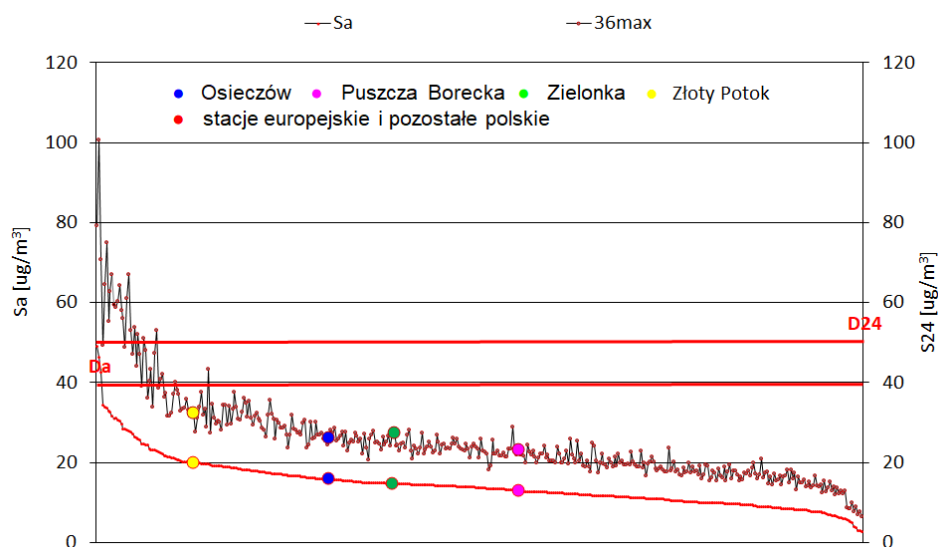
Rys. 7.1.1. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Przeprowadzona analiza statystyczna trendów zmian stężeń pyłu PM10 w ostatniej dekadzie 2010-2020 w poszczególnych krajach Europy w praktyce wskazuje na zauważalne spadki. Taka sytuacja dotyczy 14 spośród 35 krajów poddanych analizie. Najbardziej istotne spadki obserwuje się w przypadku Francji, Węgier, Holandii i Szwajcarii. Również w przypadku Polski obserwowany jest istotny statystycznie trend malejący, na podobnym poziomie, jak w Belgii i we Włoszech. W wielu krajach, w tym skandynawskich, obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące stężeń średnich rocznych pyłu PM10. Wyjątek stanowi Wielka Brytania z niewielką tendencją rosnącą, przy czym należy podkreślić, że dla tego kraju dane za rok 2020 nie były dostępne (Rys. 7.1.2).



Rys. 7.1.2. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Wartości średnie roczne stężeń pyłu PM₁₀ na stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2020 roku zawierały się w granicach od 2,6 do 49,1 µg/m³ (Rys. 7.1.3). Wśród 5% stacji z najwyższymi stężeniami średnimi rocznymi (21 stacji), znalazło się 11 stacji włoskich, 5 tureckich (w tym z 1 i 3 maksimum europejskim), 2 stacje z Hiszpanii oraz po jednej z Bośni i Hercegowiny (maksimum europejskie), Czech i z Polski (Godów z 10 maksimum). Spośród objętych analizami polskich stacji tła regionalnego, najwyższe stężenie średnie roczne wystąpiło na stacji w Żłotym Potoku (53 pozycja wśród najwyższych wartości w Europie). W przypadku pozostałych stacji wartości średnie roczne uplasowały je na odległych miejscach: Osieczów na 126 pozycji licząc od wartości najwyższych w Europie, Zielonka na 161 oraz Puszcza Borecka na 228 pozycji.



Rys. 7.1.3. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM₁₀ oraz 36 maksimum na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

7.1.2. Metale ciężkie w pyłe PM₁₀

Ocenę zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi zawartymi w pyłe PM₁₀ przeprowadzono z uwzględnieniem: 111 stacji pozamiejskich tła funkcjonujących w 21 krajach w 2020 roku. W analizach trendów uwzględniono ponadto 118 stacji (z 21 krajów) w 2019 roku, 121 stacji (z 22 krajów) w 2018 roku, 118 (23 krajów) w 2017 roku, 114 stacji (21 krajów) w 2016 roku, 108 stacji (18 krajów) w 2015 roku, 89 stacji (18 krajów) w 2014 roku, 57 stacji (16 krajów) w 2013 roku, 85 stacji (21 krajów) w 2012 roku, 80 stacji (20 krajów) w 2011 roku i 72 stacji (19 krajów) w roku 2010, gdzie co najmniej jeden z metali ciężkich był badany. Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie przeprowadzonej dla roku 2020 zlokalizowanych było w Czechach (18), Włoszech i Niemczech (po 17) oraz we Włoszech (14). W 9 krajach ocenie poddano wyniki pomiarów pochodzących z pojedynczych stacji.

Wartości parametrów statystycznych analizowanych metali ciężkich zawartych w pyłe PM₁₀ obliczonych dla poszczególnych krajów przedstawiono w tabelach 7.1.2 - 7.1.5 oraz na rysunkach 7.1.4 - 7.1.11. W 2020 roku nie zanotowano przekroczeń poziomu docelowego dla żadnego z analizowanych w pyłe metali ciężkich.

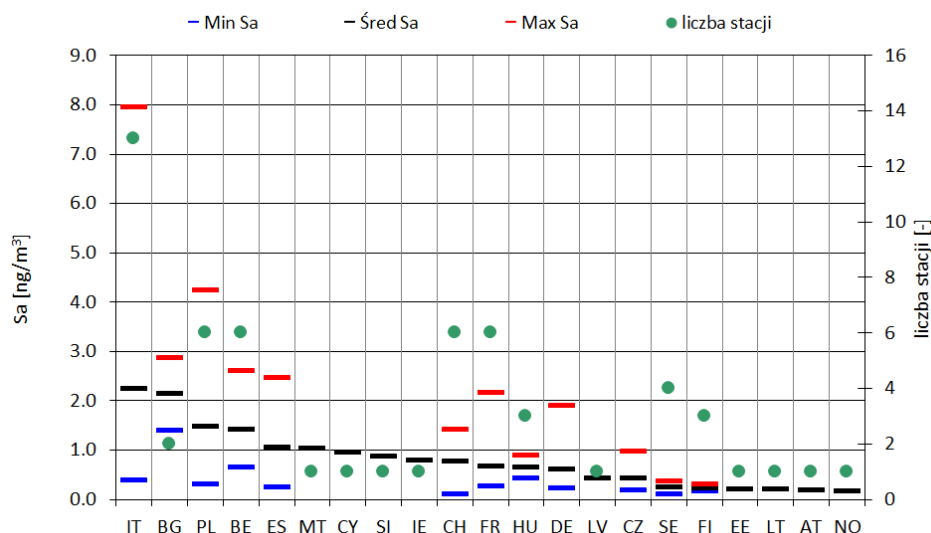
Tab. 7.1.2. Stężenia średnie roczne dla Ni oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,175	0,175	0,175
BE	6	0,628	1,401	2,590
BG	2	1,385	2,121	2,856
CH	6	0,100	0,767	1,400
CY	1	0,946	0,946	0,946
CZ	18	0,171	0,409	0,955
DE	17	0,214	0,590	1,886
EE	1	0,198	0,198	0,198
ES	17	0,237	1,047	2,447
FI	3	0,158	0,224	0,305
FR	6	0,260	0,649	2,144
HU	3	0,409	0,645	0,882
IE	1	0,780	0,780	0,780
IT	13	0,372	2,229	7,937
LT	1	0,190	0,190	0,190
LV	1	0,413	0,413	0,413
MT	1	1,012	1,012	1,012
NO	1	0,149	0,149	0,149
PL ^{*)}	6	0,294	1,458	4,225
SE	4	0,099	0,240	0,360
SI	1	0,862	0,862	0,862
Europa	110	0,099	0,786	7,937

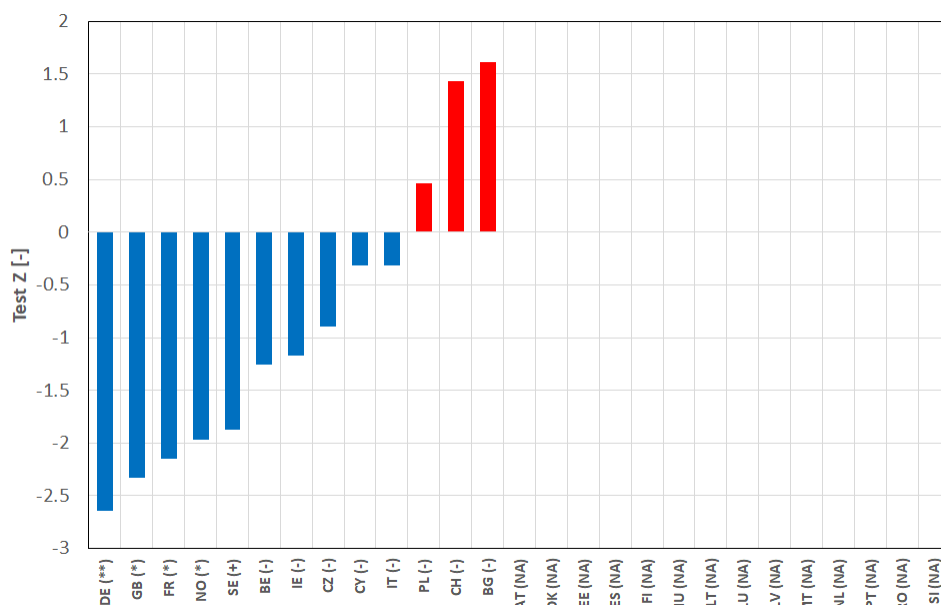
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, ul. Gliniki, KMŚ Puszcza Borecka, Konieczynka, Osieczów, Smolary Bytnickie

Uzyskane w 2020 roku wyniki stężeń średnich rocznych niklu zawartego w pyłe PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy pokazują, że pośród 21 państw, gdzie wykonywano oznaczenia tego metalu, średnie stężenie w Polsce znajduje się wśród wartości wyższych. Wyższe niż w Polsce stężenia zaobserwowano dla Włoch (maksymalne w Europie) i Bułgarii. Warto zauważyć bardzo dużą rozpiętość stężeń na stacjach włoskich. Podobnie jak w latach wcześniejszych, najniższe średnie stężenie Ni w roku 2020 odnotowano dla Norwegii (Tab. 7.1.2, Rys. 7.1.4).

Analiza trendów stężeń średnich rocznych Ni oznaczanego w pyłe PM₁₀ w krajach europejskich w ostatniej dekadzie, tj. w okresie 2010-2020 pokazuje generalne tendencje spadkowe (wykazane dla 10 krajów). Wyjątek stanowią 3 kraje: Bułgaria, Szwajcaria i Polska, dla których obserwuje się nieistotne statystycznie wzrosty, wyraźnie zarysowane dla Bułgarii i Szwajcarii. Dla 6 krajów (Niemcy, Wielka Brytania, Francja, Norwegia i Szwecja) obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące w okresie 2010-2020 (Rys. 7.1.4).



Rys. 7.1.4. Wartości stężeń średnich rocznych dla Ni w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.1.5. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Ni w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

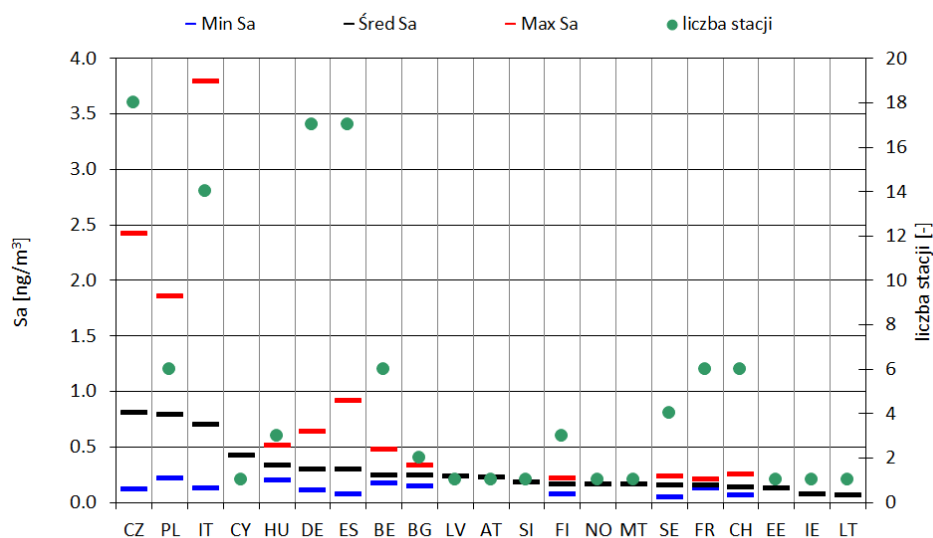
Również wysokie uśrednione stężenie na obszarach tła pozamiejskiego w 2020 roku w porównaniu do 21 analizowanych krajów Europy obserwuje się w przypadku Polski dla arsenu oznaczanego w pyłe PM10. Wyższą niż w Polsce wartość uzyskano tylko dla Czech. Podobne stężenie jak w Polsce uzyskano również dla Włoch. Najniższe stężenia średnie roczne As oznaczanego w pyłe PM10 zaobserwowano dla Litwy (Tab. 7.1.3, Rys. 7.1.6)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych As oznaczanego w pyłe PM10 w poszczególnych krajach w okresie 2010-2020 wskazuje na generalne spadki, potwierdzone wynikami dla 12 krajów. Wyjątek stanowią Wielka Brytania i Norwegia, dla których zaobserwowano nieistotnie statystycznie tendencje rosnące. Istotnie statystycznie trendy malejące zaobserwowano dla 7 krajów, najbardziej zaznaczone dla Belgii, Polski, Francji i Litwy (Rys. 7.1.7).

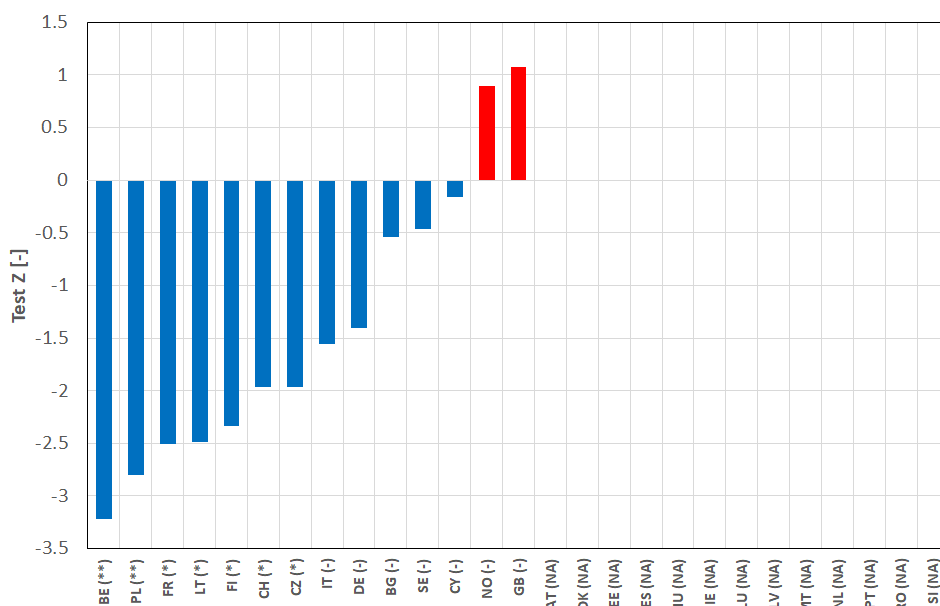
Tab. 7.1.3. Stężenia średnie roczne dla As oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,225	0,225	0,225
BE	6	0,164	0,239	0,473
BG	2	0,137	0,235	0,332
CH	6	0,060	0,128	0,250
CY	1	0,418	0,418	0,418
CZ	18	0,116	0,804	2,414
DE	17	0,101	0,293	0,635
EE	1	0,125	0,125	0,125
ES	17	0,065	0,290	0,908
FI	3	0,067	0,162	0,213
FR	6	0,120	0,151	0,200
HU	3	0,197	0,326	0,508
IE	1	0,070	0,070	0,070
IT	14	0,126	0,696	3,792
LT	1	0,058	0,058	0,058
LV	1	0,234	0,234	0,234
MT	1	0,154	0,154	0,154
NO	1	0,160	0,160	0,160
PL ^{*)}	6	0,208	0,781	1,849
SE	4	0,041	0,152	0,230
SI	1	0,176	0,176	0,176
Europa	111	0,041	0,280	3,792

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, ul. Gliniki, KMŚ Puszcza Borecka, Koniczynka, Osieczów, Smolary Bytnickie



Rys. 7.1.6. Wartości stężeń średnich rocznych As w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.1.7. . Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych As w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie jak dla wcześniej omówionych metali, w 2020 roku sytuacja wyglądała w przypadku oznaczanego kadmu w pyłe zawieszonym PM10. Na tle 21 rozważanych krajów europejskich, stężenie średnie roczne dla obszarów tła pozamiejskiego w Polsce było jednym z najwyższych. Wyższe niż dla Polski stężenia uzyskano tylko dla Irlandii (maksymalne w Europie), Czech i Włoch. Najniższe stężenia Cd oznaczanego w PM10 obserwowano dla Litwy i Estonii (Tab. 7.1.4, Rys. 7.1.8).

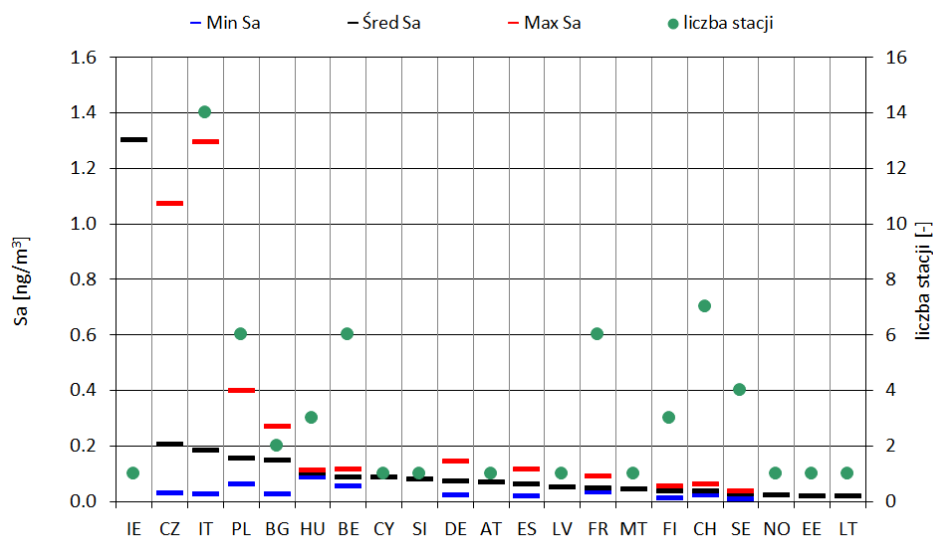
Analiza zmienności stężeń średnich rocznych Cd obliczonych dla poszczególnych krajów europejskich w okresie 2010-2020, wskazuje na tendencje spadkowe, z wyjątkiem Wielkiej Brytanii, dla której obserwuje się nieistotny statystycznie wzrost. Należy zaznaczyć, że dane dla Wielkiej Brytanii dla 2020 roku nie były dostępne. Dla 8 krajów odnotowano istotne statystycznie trendy malejące, najbardziej wyraźnie zarysowane dla Polski i Belgii. Dla 4 krajów zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje spadkowe a dla jednego (Norwegia) testy statystyczne nie wykazały żadnych zmian w okresie 2010-2020 (Rys. 7.1.9).

Tab. 7.1.4. Stężenia średnie roczne dla Cd oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

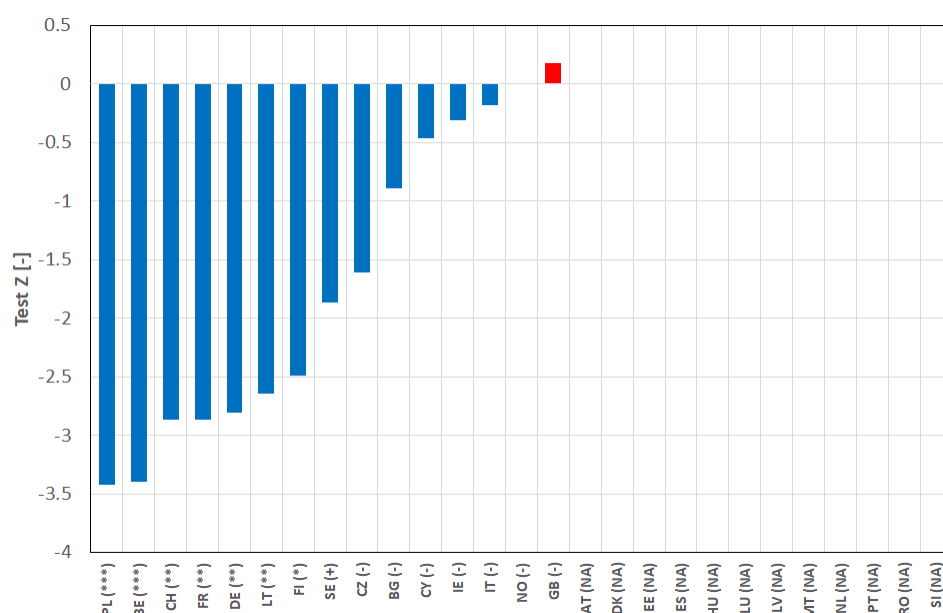
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,066	0,066	0,066
BE	6	0,051	0,084	0,113
BG	2	0,022	0,144	0,266
CH	7	0,020	0,034	0,060
CY	1	0,083	0,083	0,083
CZ	18	0,029	0,204	1,070
DE	17	0,019	0,070	0,141
EE	1	0,017	0,017	0,017
ES	17	0,016	0,058	0,115
FI	3	0,011	0,035	0,052
FR	6	0,031	0,046	0,088
HU	3	0,083	0,100	0,111

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
IE	1	1,300	1,300	1,300
IT	14	0,024	0,182	1,293
LT	1	0,016	0,016	0,016
LV	1	0,050	0,050	0,050
MT	1	0,043	0,043	0,043
NO	1	0,019	0,019	0,019
PL ^{*)}	6	0,061	0,153	0,398
SE	4	0,006	0,023	0,033
SI	1	0,078	0,078	0,078
Europa	112	0,006	0,134	1,300

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



Rys. 7.1.8. Wartości stężeń średnich rocznych dla Cd w pyłach PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)



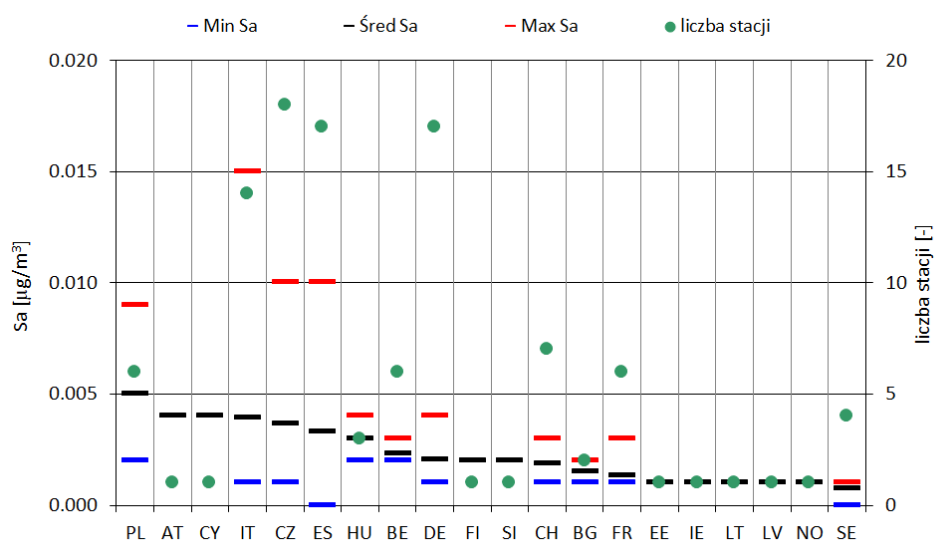
Rys. 7.1.9. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Cd w pyłach PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Najmniej korzystanie dla Polski wśród analizowanych metali oznaczanych w pyłe PM₁₀ na stacjach pozamiejskich tła w Europie, sytuacja wyglądała dla stężeń ołowiu. W 2020 roku dla Polski zanotowano najwyższe stężenie wśród krajów europejskich. Stężenie to było o 20% wyższe niż obserwowane dla Austrii, Cypru i Włoch. Najniższe wartości w Europie w roku 2020 uzyskano dla Malty (Tab. 7.1.5, Rys. 7.1.10).

Tab. 7.1.5. Stężenia średnie roczne dla Pb oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

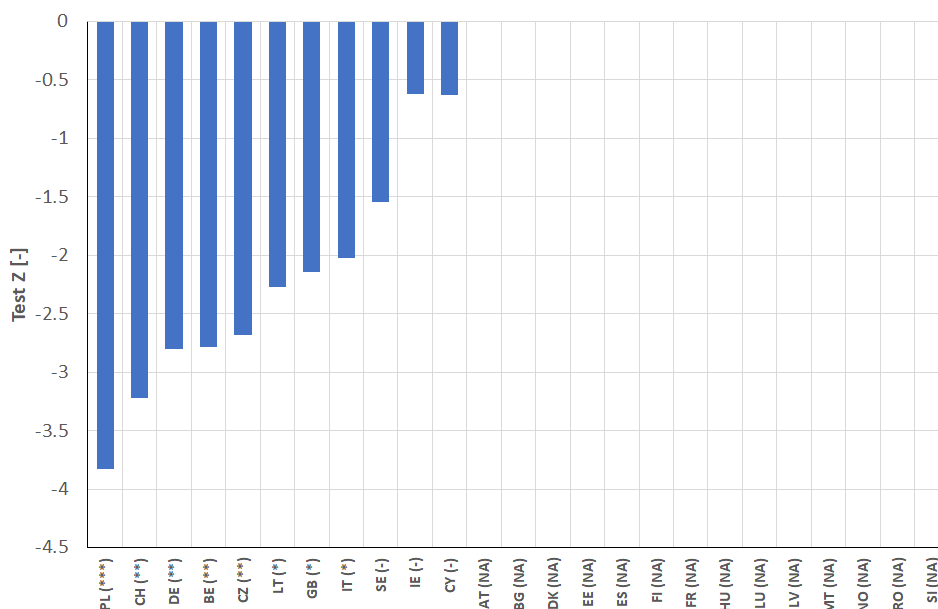
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
AT	1	0,004	0,004	0,004
BE	6	0,002	0,002	0,003
BG	2	0,001	0,002	0,002
CH	7	0,001	0,002	0,003
CY	1	0,004	0,004	0,004
CZ	18	0,001	0,004	0,010
DE	17	0,001	0,002	0,004
EE	1	0,001	0,001	0,001
ES	17	0,000	0,003	0,010
FI	1	0,002	0,002	0,002
FR	6	0,001	0,001	0,003
HU	3	0,002	0,003	0,004
IE	1	0,001	0,001	0,001
IT	14	0,001	0,004	0,015
LT	1	0,001	0,001	0,001
LV	1	0,001	0,001	0,001
MT	1	0,000	0,000	0,000
NO	1	0,001	0,001	0,001
PL ^{*)}	6	0,002	0,005	0,009
SE	4	0,000	0,001	0,001
SI	1	0,002	0,002	0,002
Europa	110	0,000	0,002	0,015

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



Rys. 7.1.10. Wartości stężeń średnich rocznych dla Pb w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza statystyczna zmian stężeń średnich rocznych Pb oznaczanego w pyłe PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w poszczególnych krajach europejskich wykazuje znaczące spadki w ostatniej dekadzie (2010-2020). Spośród 11 dla krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych, aż dla 8 obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, zdecydowanie najwyraźniej zarysowane w przypadku Polski (kierunek zmian i najwyższa istotność statystyczna) - Rys. 7.1.9.



Rys. 7.1.11. . Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Pb w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Wartości średnie roczne metali ciężkich oznaczanych w pyłe PM10 na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2020 roku mieściły się w granicach: 0,099-7,937 ng/m³ dla Ni; 0,041-3,792 ng/m³ dla As; 0,006-1,300 ng/m³ dla Cd oraz 0,000-0,015 µg/m³ dla Pb.

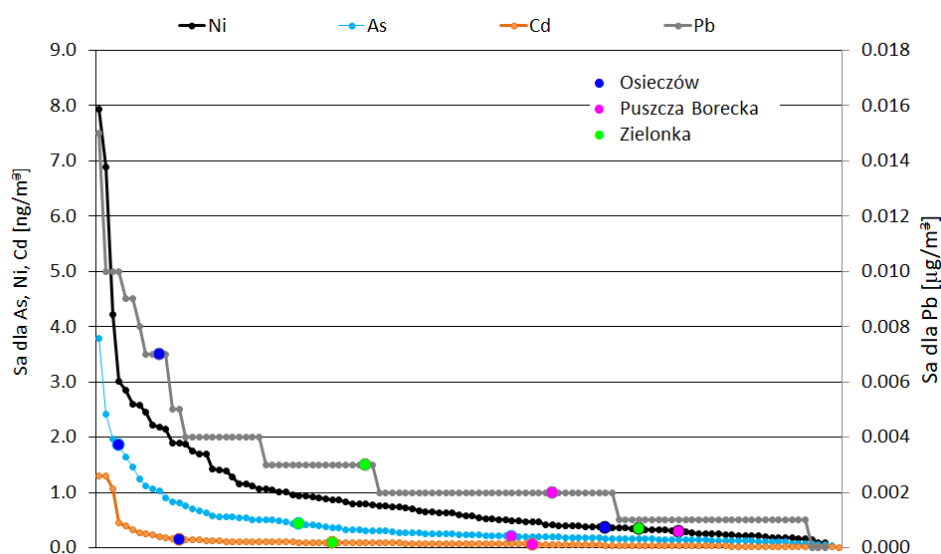
W przypadku Ni, wśród 10% stacji z najwyższymi stężeniami średnimi rocznymi (spośród 110 poddanych analizie), znajdowały się 4 stacje z Włoch (w tym 1 i 2 maksimum europejskie), 2 stacje z Polski (w tym 3 i 7 maksimum w przypadku stacji Smolary Bytnickie i Godów) i z Hiszpanii oraz pojedyncze stacje z Belgii, Bułgarii i Francji. Średnie roczne stężenia Ni oznaczane w pyłe PM10 na 3 rozważanych w opracowaniu polskich stacjach tła regionalnego Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka, usytuowały je wśród stacji europejskich ze stężeniami niskimi, odpowiednio na pozycjach 77, 82 i 88 maksimum licząc od najwyższego stężenia w Europie wśród 110 stacji (Rys. 7.1.12). Najniższe wartości uzyskano na jednej ze stacji szwedzkich.

Inaczej sytuacja wyglądała w przypadku stężeń średnich rocznych na stacjach tła pozamiejskiego dla arsenu oznaczanego w pyłe PM10, gdzie wartości uzyskane na polskich stacjach tła regionalnego wartości znacznie się różniły. Najwyższe stężenie spośród 111 rozważanych w 2020 roku stacji pozamiejskich tła w Europie, wystąpiło na dwóch stacjach Włoskich (w tym 1 i 3 maksimum europejskie) i czeskiej (2 maksimum) oraz na polskiej stacji Osieczów (4 maksimum w Europie). Wśród 10% stacji z najwyższymi wartościami As oznaczanego w pyłe PM10 znalazło się 6 stacji czeskich, 2 stacje włoskie i polskie (poza Osieczowem również Smolary Bytnickie) i jedna stacja hiszpańska. Stężenie średnie

roczne na pozostałych stacjach tła regionalnego w Polsce ulokowały Zielonkę na pozycji 31 maksimum europejskiego, zaś Puszcę Borecką na 63 (Rys. 7.1.12). Jak w przypadku Ni, najniższe wartości As oznaczanego w PM10 zanotowano na tej samej stacji szwedzkiej.

Analiza przeprowadzona dla kadmu oznaczanego w pyłe PM10 wskazuje, że wśród 10% stacji tła pozamiejskiego w Europie (spośród 112 analizowanych) znajdowało się 6 stacji z Czech, 2 z Włoch (w tym jedna jako 2 maksimum), oraz po jednej z Irlandii (z maksimum europejskim), Polski (Godów jako 5 maksimum europejskie) i Bułgarii. Z polskich stacji tła regionalnego Osieczów zlokalizowany został w strefie stężeń wyższych na pozycji 13 maksimum europejskiego, Zielonka w strefie stężeń średnich jako 38 maksimum i Puszcza Borecka w strefie stężeń niskich na pozycji 66 licząc od najwyższych stężeń (Rys. 7.1.12).

Podobnie do Cd sytuacja wyglądała w 2020 roku w przypadku stężeń średnich rocznych ołowiu oznaczanego w pyłe PM10. Wśród 10% poddanych analizie stacji (oceniano wyniki ze 110 stacji) z najwyższymi wartościami w Europie 4 zlokalizowane były Hiszpanii, 3 w Czechach (w tym 2 i 3 maksimum europejskie) oraz po 2 we Włoszech (w tym maksimum europejskie) i w Polsce (Godów na pozycji 5 maksimum i Osieczów jako 10 maksimum europejskie). Wartości stężenia średniego rocznego w pozostałych dwóch stacjach tła regionalnego znacznie się różniły od siebie i lokowały te stacje odpowiednio: Zielonkę w strefie stężeń średnich na pozycji 41 maksimum w Europie i Puszcę Borecką w strefie wartości niskich na pozycji 69 maksimum w Europie (Rys. 7.1.12).



Rys. 7.1.12. Wartości stężeń średnich rocznych metali ciężkich oznaczanych w pyłe PM10 na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

7.1.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w pyle PM10

Ocenę zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi zawartymi w pyle zawieszonym PM10 w Europie przeprowadzono z uwzględnieniem 112 stacji pozamiejskich tła prowadzących pomiary w 19 krajach w 2020 roku, 249 stacji (31 krajów) w 2019 roku, 111 stacji (17 krajów) w 2018 roku, 112 (19 krajów) w roku 2017, 104 stacji (18 krajów) w 2016 roku, 94 stacji (16 krajów) w roku 2015, 73 stacji (18 krajów) w 2014 roku, 30 stacji (13 krajów) w roku 2013, 75 stacji (w 21 krajach) w roku 2012, 68 stacji (w 19 krajach) w 2011 i 61 stacji (w 20 krajach) w 2010 roku. Najwięcej stacji prowadzących pomiary WWA w pyle PM10 spełniających przyjęte w opracowaniu kryteria selekcji danych (por. rozdział 2) w 2020 roku (powyżej 10 w każdym z nich), zlokalizowanych było we Włoszech, Hiszpanii, Czechach i w Niemczech. W 6 krajach w ocenie wykorzystano wyniki pomiarów pochodzące z pojedynczych stacji.

Uzyskane wyniki w roku 2020 dla wszystkich poddanych analizie wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych oznaczanych w pyle zawieszonym PM10, tj. dla B(a)P, B(a)A, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P oraz D(a,h)A na stacjach tła pozamiejskiego w Europie wskazują na najwyższe poziomy w Polsce. (Tab. 7.1.6 - 7.1.12, Rys. 7.1.13 - 7.1.24).

Obserwowane średnie stężenia oznaczanego B(a)P w pyle PM10 w 2020 roku w poszczególnych krajach europejskich wskazują na najwyższe poziomy w Polsce, które były na zbliżonym poziomie jak obserwowane w Czechach. Najniższe wartości przeciętne tego zanieczyszczenia spośród 19 rozważanych krajów uzyskano dla Holandii (Tab. 7.1.6, Rys. 7.1.13). Przekroczenia rocznej wartości dopuszczalnej w 2020 roku wystąpiły na 12 stacjach, w tym na 6 czeskich, 4 polskich (Godów, Koniczynka, Parzniewice i na stacji tła regionalnego w Osieczowie), oraz po jednej ze stacji francuskich i włoskich.

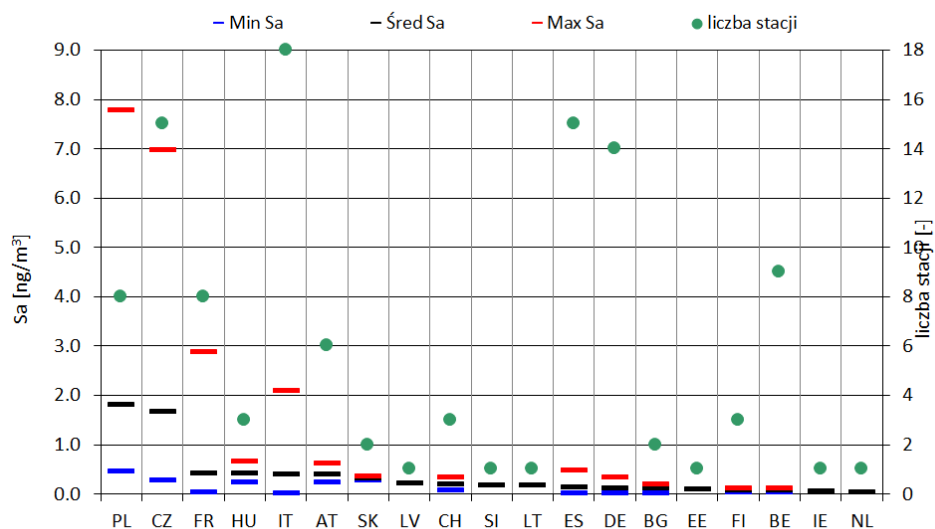
Analiza zmian stężeń średnich rocznych B(a)P zawartego w pyle PM10 w poszczególnych krajach w ostatniej dekadzie 2010-2020 wskazuje generalnie tendencje spadkowe, z wyjątkiem Polski i Wielkiej Brytanii, dla których zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje rosnące (dane dla 2020 roku z Wielkiej Brytanii nie były dostępne). Dla 5 krajów: Austrii, Finlandii, Litwy, Szwajcarii i Włoch, zanotowano istotne statystycznie trendy malejące, najwyraźniej zaznaczone w przypadku Szwajcarii i Litwy (Rys. 7.1.14).

Tab. 7.1.6. Stężenia średnie roczne dla B(a)P oznaczanego w pyle PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

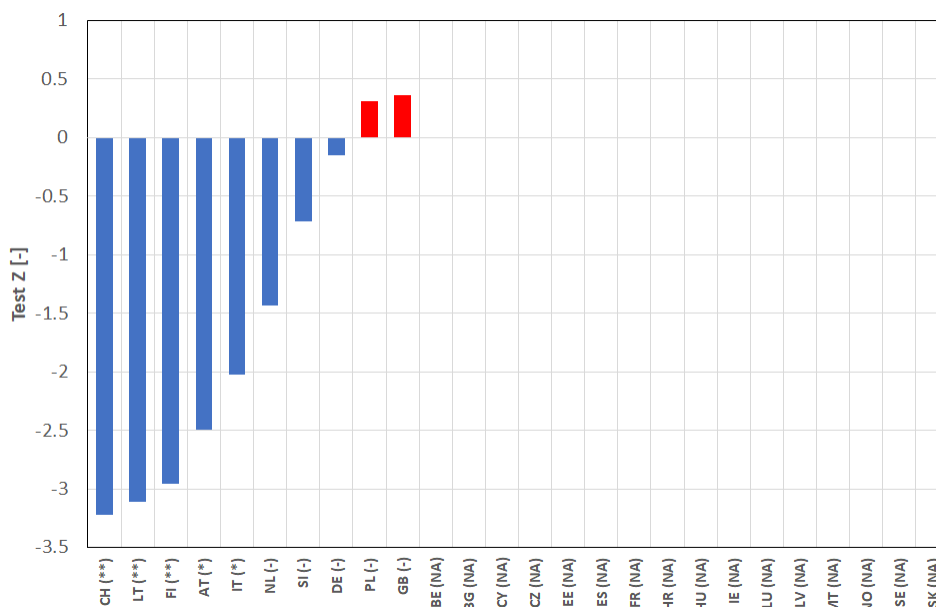
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnionych	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	6	0	0,219	0,383	0,601
BE	9	0	0,030	0,058	0,099
BG	2	0	0,004	0,095	0,185
CH	3	0	0,070	0,180	0,330
CZ	15	6	0,261	1,663	6,963
DE	14	0	0,013	0,105	0,331
EE	1	0	0,081	0,081	0,081
ES	15	0	0,007	0,117	0,472
FI	3	0	0,017	0,065	0,098
FR	8	1	0,015	0,407	2,875
HU	3	0	0,219	0,405	0,644
IE	1	0	0,040	0,040	0,040
IT	18	1	0,013	0,385	2,077

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnionych	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
LT	1	0	0,161	0,161	0,161
LV	1	0	0,215	0,215	0,215
NL	1	0	0,030	0,030	0,030
PL ^{*)}	8	4	0,454	1,804	7,775
SI	1	0	0,173	0,173	0,173
SK	2	0	0,266	0,305	0,343
Europa	112	12	0,004	0,351	7,775

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, ul. Gliniki, KMŚ Puszcza Borecka, Koniczynka, Osieczów, Parzniewice, Polańczyk-mobilna, Smolary Bytnickie



Rys. 7.1.13. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(a)P w pyłach PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAS)



Rys. 7.1.14. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(a)P w pyłach PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAS)

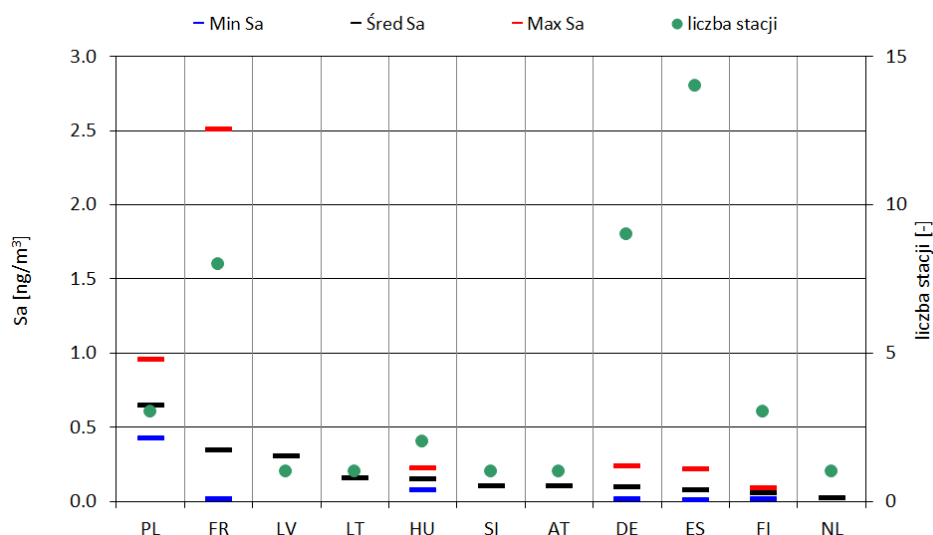
Analizy przeprowadzone dla 19 krajów prowadzących pomiary zawartego w pyłe PM₁₀ B(a)A w 2020 roku wskazują, że średnia dla Polski była najwyższa wśród krajów Europy. Stężenie średnie roczne tego WWA było blisko 2 krotnie wyższe niż uzyskane dla Francji (druga najwyższa wartość w Europie). Najniższą wartość wśród krajów europejskich uzyskano dla Holandii (Tab. 7.1.7, Rys. 7.1.15).

Zmiany uśrednionych wartości w okresie ostatniej dekady 2010-2020 dla wszystkich krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów, wykazują spadki stężeń B(a)A. Istotnie statystycznie trendy malejące zaobserwowano dla Finlandii, Polski i Słowenii. W przypadku Wielkiej Brytanii tendencja spadkowa nie występuje, ale może to być spowodowane faktem braku danych za rok 2020 (Rys. 7.1.16).

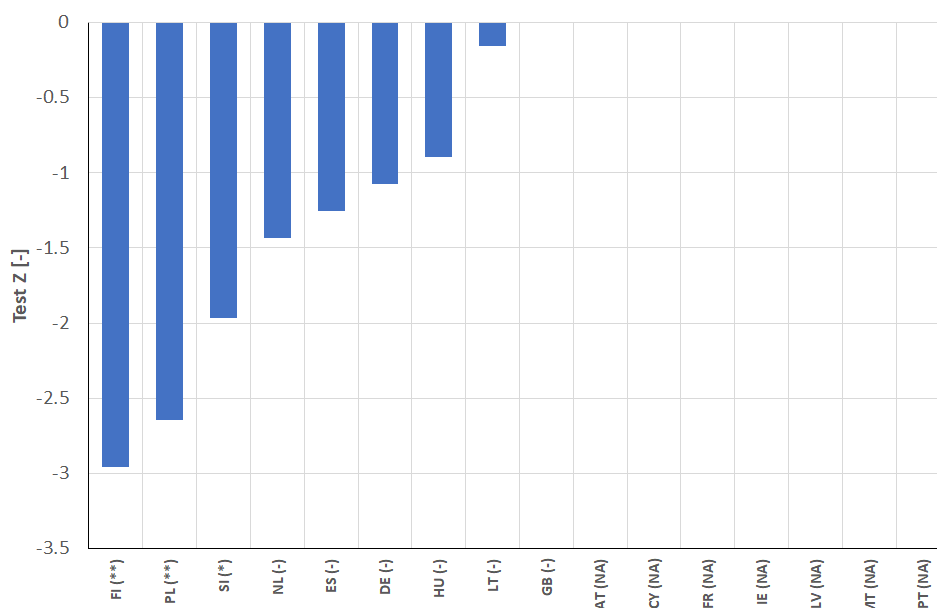
Tab. 7.1.7. Stężenia średnie roczne dla B(a)A oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,096	0,096	0,096
DE	9	0,009	0,095	0,236
ES	14	0,002	0,069	0,212
FI	3	0,011	0,051	0,083
FR	8	0,008	0,340	2,505
HU	2	0,074	0,146	0,218
LT	1	0,155	0,155	0,155
LV	1	0,300	0,300	0,300
NL	1	0,019	0,019	0,019
PL ^{*)}	3	0,422	0,640	0,953
SI	1	0,097	0,097	0,097
Europa	44	0,002	0,183	2,505

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



Rys. 7.1.15. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(a)A w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)



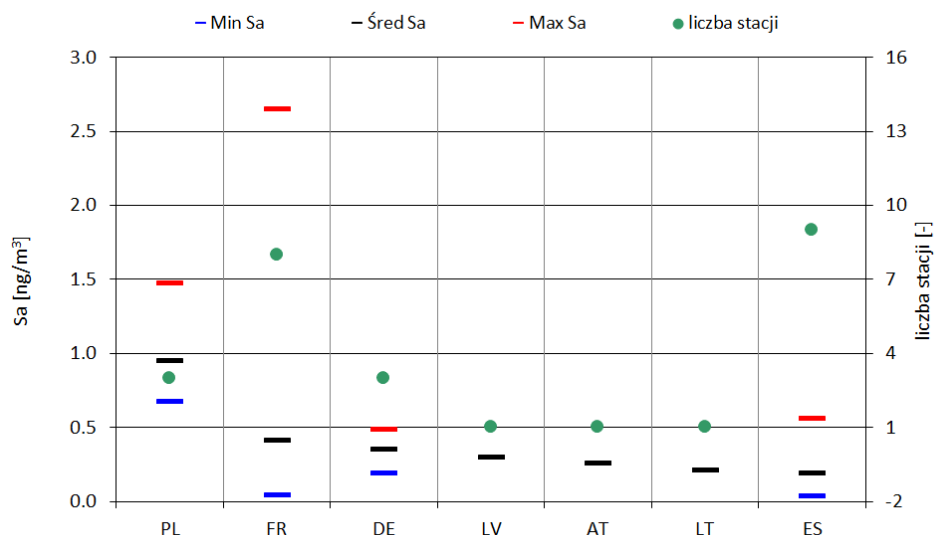
Rys. 7.1.16. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(a)A w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Pomiary B(b)F, B(j)F i B(k)F oznaczanych w pyłe PM10 były wykonywane znacznie rzadziej niż w przypadku pozostałych WWA. Ocena uśrednionych wartości dla poszczególnych krajów w Europie dla tych trzech WWA wskazuje na najwyższe stężenia w Polsce, tuż przed Hiszpanią w przypadku B(k)F i Francją w przypadku B(b)F i B(k)F. Najniższe stężenia średnie roczne dla B(b)F i B(k)F oznaczanych w pyłe PM10 uzyskano dla Hiszpanii, zaś w przypadku B(j)F - dla Austrii (Tab. 7.1.8-10, Rys. 7.1.17-19).

Tab. 7.1.8. Stężenia średnie roczne dla B(b)F oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,252	0,252	0,252
DE	3	0,189	0,347	0,480
ES	9	0,029	0,188	0,557
FR	8	0,038	0,407	2,644
LT	1	0,204	0,204	0,204
LV	1	0,294	0,294	0,294
PL ^{*)}	3	0,668	0,943	1,469
Europa	26	0,029	0,376	2,644

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

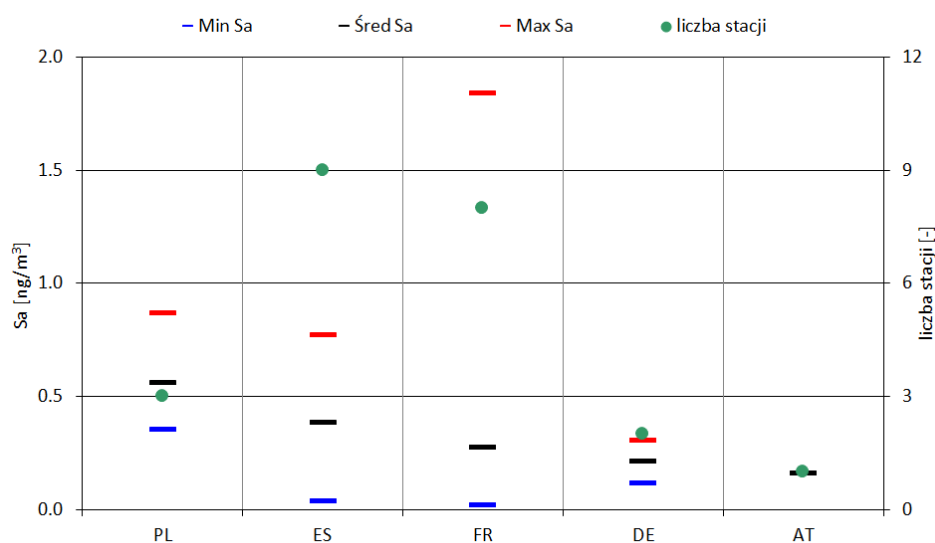


Rys. 7.1.17. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(b)F w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Tab. 7.1.9. Stężenia średnie roczne dla B(j)F oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
AT	1	0,156	0,156	0,156
DE	2	0,114	0,208	0,302
ES	9	0,032	0,380	0,768
FR	8	0,016	0,270	1,840
PL ^{*)}	3	0,349	0,557	0,865
Europa	23	0,016	0,314	1,840

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

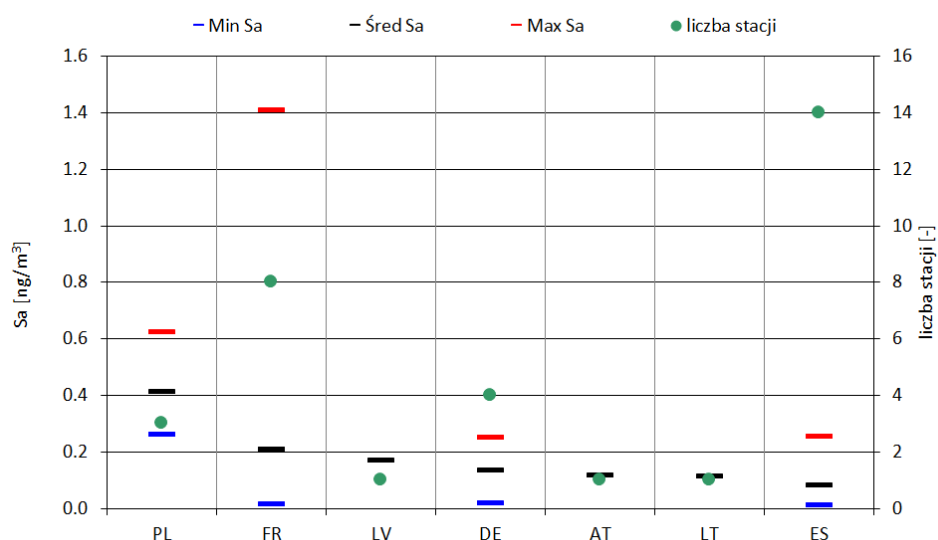


Rys. 7.1.18. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(j)F w pyłe PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Tab. 7.1.10. Stężenia średnie roczne B(k)F oznaczanego w pyłe PM₁₀ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

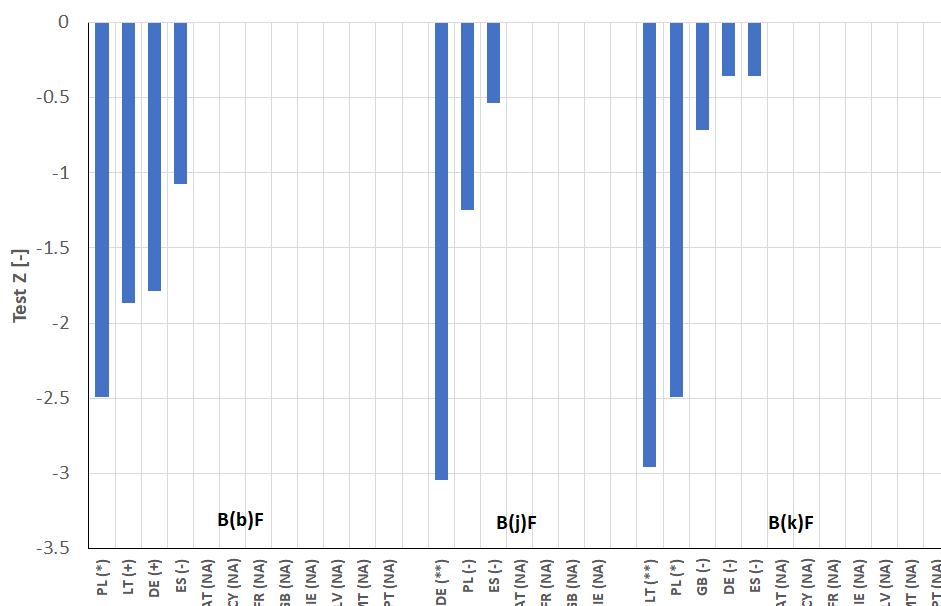
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,116	0,116	0,116
DE	4	0,017	0,131	0,248
ES	14	0,009	0,079	0,251
FR	8	0,013	0,207	1,408
LT	1	0,113	0,113	0,113
LV	1	0,168	0,168	0,168
PL ^{*)}	3	0,260	0,410	0,621
Europa	32	0,009	0,175	1,408

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



Rys. 7.1.19. Wartości stężeń średnich rocznych dla B(k)F w pyłe PM₁₀ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych B(b)F, B(j)F i B(k)F oznaczanych w pyłe PM₁₀ obliczonych dla poszczególnych krajów europejskich w ostatniej dekadzie 2010-2020 wskazuje na tendencje spadkowe. W przypadku Polski dla B(b)F i B(k)F obserwuje się wyraźnie zaznaczone istotnie statystycznie trendy malejące, zaś w przypadku B(j)F nieistotną statystycznie tendencję malejącą (Rys. 7.1.20).



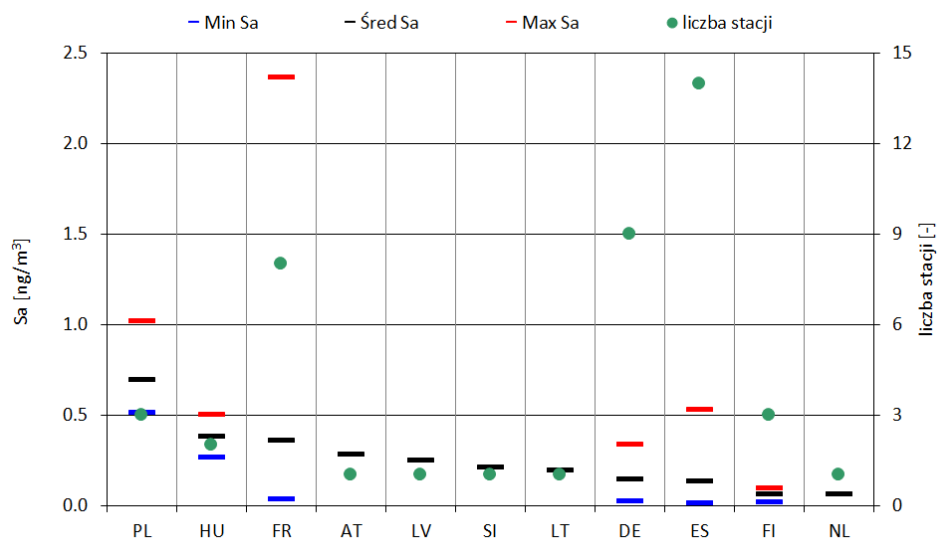
Rys. 7.1.20. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych B(b)F, B(j)F i B(k)F w pyłe PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie jak w przypadku wcześniej omawianych WWA, również dla stężeń średnich rocznych I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM10 na obszarach tła pozamiejskiego, spośród 11 krajów Europy prowadzących pomiary tego WWA, stężenie uzyskane dla Polski jest najwyższe. Jest ono blisko 2 krotnie wyższe niż dla kolejnych krajów licząc od wartości najwyższych tj. dla Węgier i Francji. Najniższe wartości I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM10 na obszarach pozamiejskich tła uzyskano w 2020 roku dla Holandii (Tab. 7.1.11, Rys. 7.1.21).

Tab. 7.1.11. Stężenia średnie roczne I(1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
AT	1	0,276	0,276	0,276
DE	9	0,020	0,139	0,334
ES	14	0,010	0,130	0,527
FI	3	0,013	0,058	0,091
FR	8	0,030	0,357	2,367
HU	2	0,263	0,380	0,497
LT	1	0,188	0,188	0,188
LV	1	0,247	0,247	0,247
NL	1	0,057	0,057	0,057
PL ^{*)}	3	0,512	0,690	1,016
SI	1	0,209	0,209	0,209
Europa	49	0,010	0,248	2,367

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



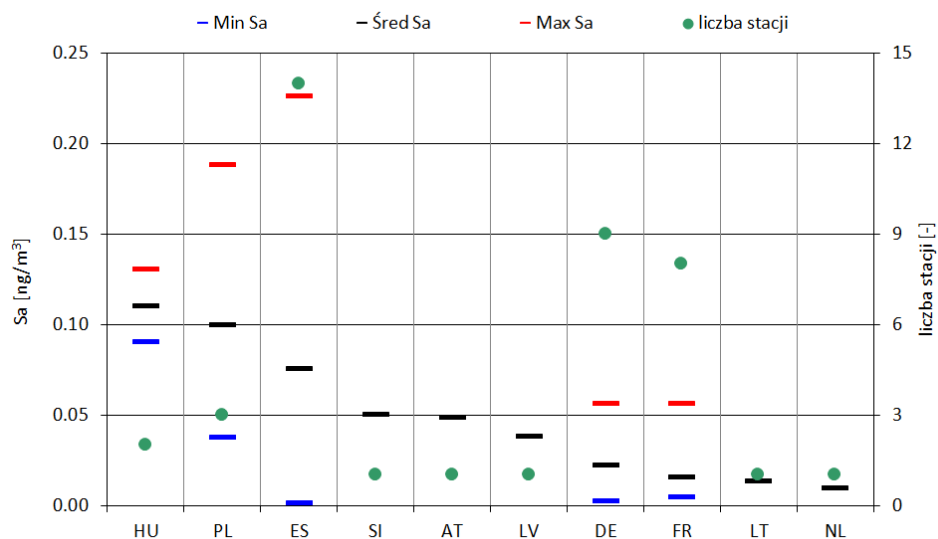
Rys. 7.1.21. Wartości stężeń średnich rocznych dla I(1,2,3-cd)P w pylenie PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Ocena różnic pomiędzy uśrednionymi stężeniami rocznymi dla poszczególnych krajów D(a,h)A oznaczanego w pylenie PM10 na obszarach tła pozamiejskiego w roku 2020 pokazuje, że nieznacznie wyższe stężenie niż w Polsce zaobserwowano tylko dla Węgier. Podobnie, jak w przypadku innych WWA, najniższe stężenie uzyskano dla Holandii (Tab. 7.1,12 Rys. 7.1.22).

Tab. 7.1.12. Stężenia średnie roczne dla (D(a,h)A oznaczanego w pylenie PM10 (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

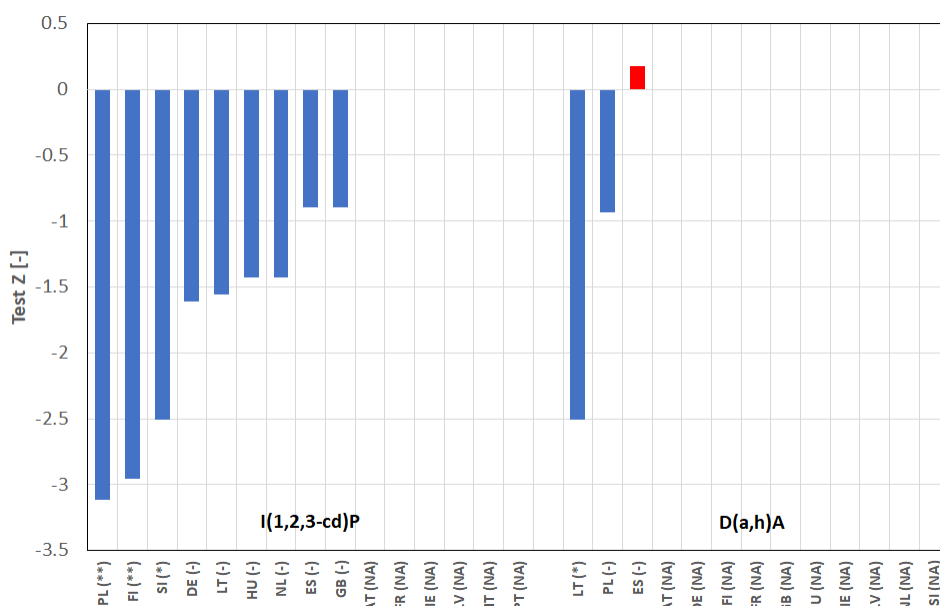
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
AT	1	0,048	0,048	0,048
DE	9	0,002	0,022	0,056
ES	14	0,001	0,075	0,226
FR	8	0,004	0,015	0,056
HU	2	0,090	0,110	0,130
LT	1	0,013	0,013	0,013
LV	1	0,038	0,038	0,038
NL	1	0,009	0,009	0,009
PL ^{*)}	3	0,037	0,100	0,188
SI	1	0,050	0,050	0,050
Europa	41	0,001	0,048	0,226

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



Rys. 7.1.22. Wartości stężeń średnich rocznych dla D(a,h)A w pyłach PM10 (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejscowych tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian stężeń średnich rocznych w poszczególnych krajach europejskich I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A oznaczanych w pyłach PM10 w ostatniej dekadzie 2010-2020 wykazuje spadki, z wyjątkiem Hiszpanii, dla której zaobserwowano nieistotną statystycznie tendencję rosnącą. Polska jest jednym z 9 krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych. W przypadku Polski obserwuje się najwyraźniej zaznaczony, istotny statystycznie, trend malejący stężeń I(1,2,3-cd)P. Trendy malejące potwierdzone statystycznie uzyskano również dla Finlandii i Słowenii. W przypadku zmian stężeń D(a,h)A, statystyczne analizy możliwe były do przeprowadzenia tylko dla 3 krajów, w tym Polski, dla której zaobserwowano nieistotną statystycznie tendencję malejącą (Rys.7.1.23).



Rys. 7.1.23. Wartości stężeń średnich rocznych dla I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A w pyłach PM10 w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Wartości stężeń średnich rocznych WWA oznaczanych w pyłe 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 2020 roku w Europie stężenia średnie roczne dla poszczególnych WWA zawierały się odpowiednio w granicach: 0,004-7,775 ng/m³ dla B(a)P; 0,002-2,505 ng/m³ dla B(a)A; 0,029-2,644 ng/m³ dla B(b)F; 0,016-1,840 ng/m³ dla B(j)F; 0,009-1,408 ng/m³ dla B(k)F; 0,010-2,367 ng/m³ dla I(1,2,3-cd)P oraz 0,001-0,226 ng/m³ dla D(a,h)A.

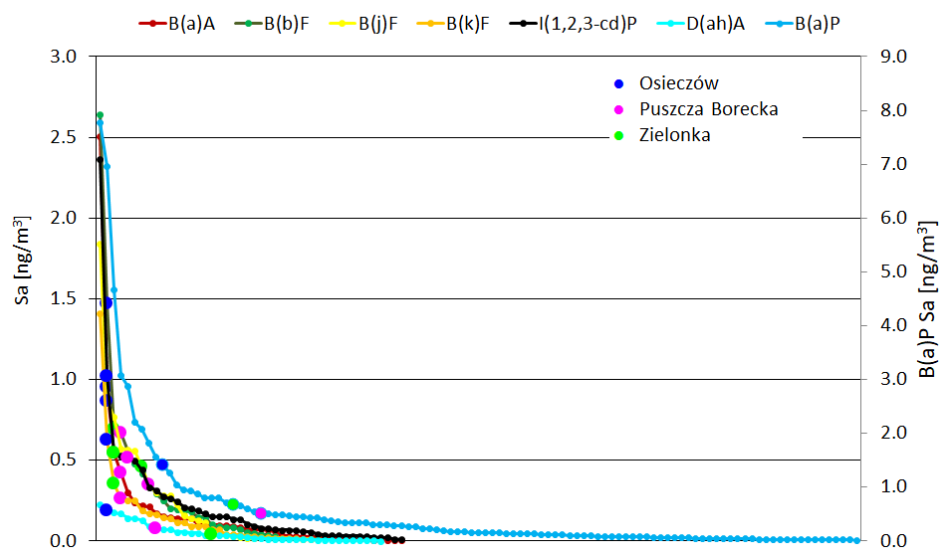
Ocena poziomów B(a)P oznaczanego w pyłe PM₁₀ na stacjach europejskich tła pozamiejskiego pokazuje, że spośród 10% stacji z najwyższymi wartościami stężeń średnich rocznych (na 112 poddanych analizie), w roku 2020 roku znajdowało się 5 stacji czeskich (w tym z 2 i 3 maksimum europejskim), 4 stacje polskie (w tym Godów z maksimum europejskim), oraz po jednej ze stacji francuskich i włoskich. Wartości stężenia średniego rocznego B(a)P na polskich stacjach tła regionalnego uplasowały je w strefie poziomów wysokich, odpowiednio: Osieczów jako 10 maksimum europejskie, Zielonkę – 20 i Puszczę Borecką na pozycji 24 (Rys. 7.1.24). Najniższe stężenia średnie roczne tego WWA zaobserwowano na stacji w Bułgarii.

W przypadku stężeń średnich rocznych B(a)A, sytuacja w 2020 roku wyglądała nieco mniej korzystnie dla Polski niż dla B(a)P. Wśród 10% stacji (na 44 analizowane) maksymalną wartość w Europie zaobserwowano na jednej ze stacji francuskich, ale kolejne 3 wartości dotyczyły polskich stacji tła regionalnego w kolejności od najwyższych - Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka. Najniższe wartości w Europie na obszarach tła pozamiejskiego zaobserwowano aż na 5 stacjach hiszpańskich.

W przypadku B(b)F, B(j)F, B(k)F, obserwowane stężenia na polskich stacjach tła regionalnego znajdowały się w strefie wartości wysokich, w szczególności dla B(b)F i B(k)F. Dla tych trzech WWA najwyższą wartość w Europie obserwowano na jednej ze stacji francuskich. W przypadku B(b)F i B(k)F kolejne najwyższe stężenia w Europie obserwowano na polskich stacjach tła regionalnego: Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka jako 2, 3 i 4 maksimum europejskie. W przypadku B(j)F sytuacja dla Polski wyglądała nieco korzystniej, gdyż stężenie w Osieczowie co prawda było sklasyfikowane jako 2 maksimum europejskie, ale już w Zielonce i Puszczy Boreckiej jako 7 i 8 maksimum na 23 analizowane stacje. Najniższe stężenie średnie roczne zanotowano ponownie na stacjach hiszpańskich w przypadku B(b)F i B(k)F oraz na francuskiej w przypadku B(j)F.

Podoba sytuację w 2020 roku jak dla B(b)F i B(k)F zaobserwowano w przypadku rozkładu stężeń średnich rocznych na stacjach wykonujących oznaczenia (1,2,3-cd)P oznaczanego w pyłe PM₁₀, gdzie maksymalną wartość zanotowano na stacji francuskiej i następnie dwóch polskich stacji tła regionalnego, tj. dla Osieczowa i Zielonki. Stacja Puszcza Borecka zlokalizowana została jako 5 maksimum, tuż za jedną ze stacji hiszpańskich. Najniższe stężenie średnie roczne (1,2,3-cd)P zanotowano ponownie na jednej ze stacji hiszpańskich.

Podobnym do rozkładu stężeń B(j)F okazał się w 2020 roku rozkład stężeń D(a,h)A. Maksimum europejskie zaobserwowano na jednej ze stacji hiszpańskich i następnie w Osieczowie (2 maksimum). Na 41 rozważanych stacjach dla tego WWA, pozostałym dwie polskie stacje tła regionalnego ulokowały się na pozycjach 9 (Puszcza Borecka) i 17 maksimum (Zielonka). Najniższe stężenie średnie roczne D(a,h)A zanotowano ponownie na stacjach hiszpańskich.



Rys. 7.1.24. Wartości stężeń średnich rocznych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oznaczanych w pyłe PM10 na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

7.2. Zanieczyszczenia zawarte w pyłe PM_{2,5}

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizę w zakresie zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5} oraz oznaczanymi w nim anionami i kationami oraz węglem (elementarnym i organicznym) na europejskich stacjach pozamiejskich tła w latach 2010-2020. Analogicznie jak do poprzednich podrozdziałów, w tej części opracowania przedstawiono uśrednione wyniki stężeń uzyskane dla poszczególnych krajów oraz odrębnie wartość średnie roczne dla pojedynczych stanowisk pomiarowych, ze wskazaniem wyników pomiarów obserwowanych na stacjach tła regionalnego w Polsce.

7.2.1. Pył PM_{2,5}

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5} dla 2020 roku przeprowadzono z uwzględnieniem pomiarów prowadzonych na 261 stacjach pozamiejskich tła funkcjonujących w 30 krajach europejskich. W stosunku do roku ubiegłego liczba stacji nieznacznie się zwiększyła, ale dla nie były dostępne dane z Wielkiej Brytanii. Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie (powyżej 30 stacji w każdym kraju) zlokalizowanych było w Hiszpanii, Włoszech i Niemczech. W 10 krajach (Bośnia i Hercegowina, Cypr, Dania, Grecja, Irlandia, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Malta i Słowenia) 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.

Podobnie jak w przypadku pyłu PM₁₀, stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} obliczone dla Polski na obszarach tła pozamiejskiego w 2020 roku, znajdowało się w strefie stężeń wysokich w Europie przekraczając 10 µg/m³. Wyższe wartości uśrednione dla kraju niż w Polsce, uzyskano dla Bośni i Hercegowiny (blisko 4 krotnie wyższe niż w Polsce), Turcji (2 krotnie) oraz dla Czech (wartość zbliżona do obliczonej dla Polski). Najniższe wartości zaobserwowano dla Norwegii (poniżej 3 µg/m³).

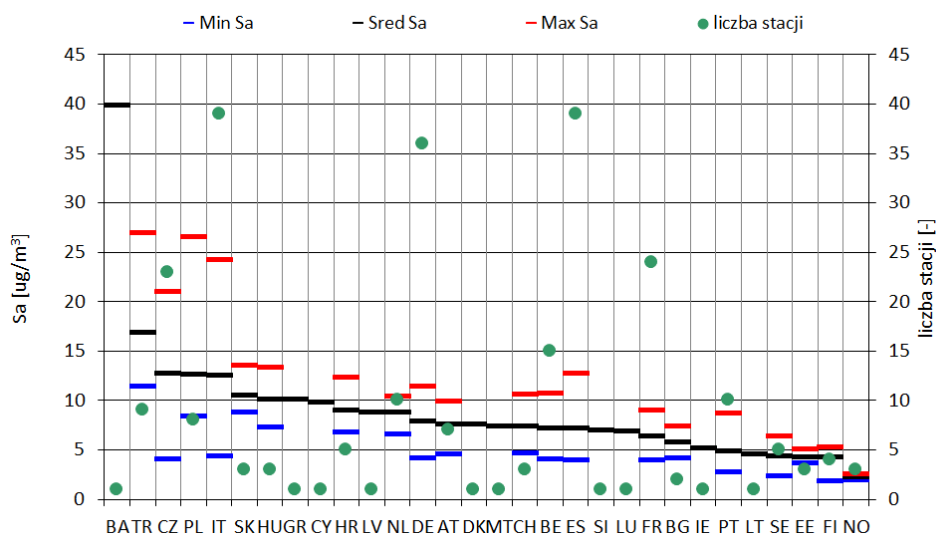
Przekroczenie rocznej wartości poziomu dopuszczalnego wynoszącego 20 µg/m³ wystąpiło na 9 z 261 analizowanych stacji – 4 włoskich, 2 tureckich i po jednej w Bośni i Hercegowinie, Czechach oraz w Polsce – w Godowie (Tab. 7.2.1).

Tab. 7.2.1. Stężenia średnie roczne pyłu PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	7	0	4,5	7,5	9,9
BA	1	1	39,8	39,8	39,8
BE	15	0	4,0	7,1	10,7
BG	2	0	4,1	5,7	7,3
CH	3	0	4,6	7,3	10,6
CY	1	0	9,8	9,8	9,8
CZ	23	1	4,0	12,7	20,9
DE	36	0	4,1	7,8	11,4
DK	1	0	7,5	7,5	7,5
EE	3	0	3,6	4,2	5,0
ES	39	0	3,9	7,1	12,7
FI	4	0	1,8	4,2	5,2

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła		Stężenie średnie roczne		
	Uwzględnione	Przekroczenie Da	Min	Średnia	Max
	[-]	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
FR	24	0	3,9	6,3	8,9
GR	1	0	10,0	10,0	10,0
HR	5	0	6,7	8,9	12,3
HU	3	0	7,3	10,0	13,3
IE	1	0	5,1	5,1	5,1
IT	39	4	4,3	12,5	24,2
LT	1	0	4,5	4,5	4,5
LU	1	0	6,8	6,8	6,8
LV	1	0	8,8	8,8	8,8
MT	1	0	7,4	7,4	7,4
NL	10	0	6,5	8,7	10,4
NO	3	0	1,8	2,2	2,5
PL ^{*)}	8	1	8,3	12,6	26,5
PT	10	0	2,7	4,8	8,6
SE	5	0	2,3	4,3	6,3
SI	1	0	6,9	6,9	6,9
SK	3	0	8,7	10,5	13,5
TR	9	2	11,3	16,8	26,9
Europa	261	9	1,8	8,9	39,8

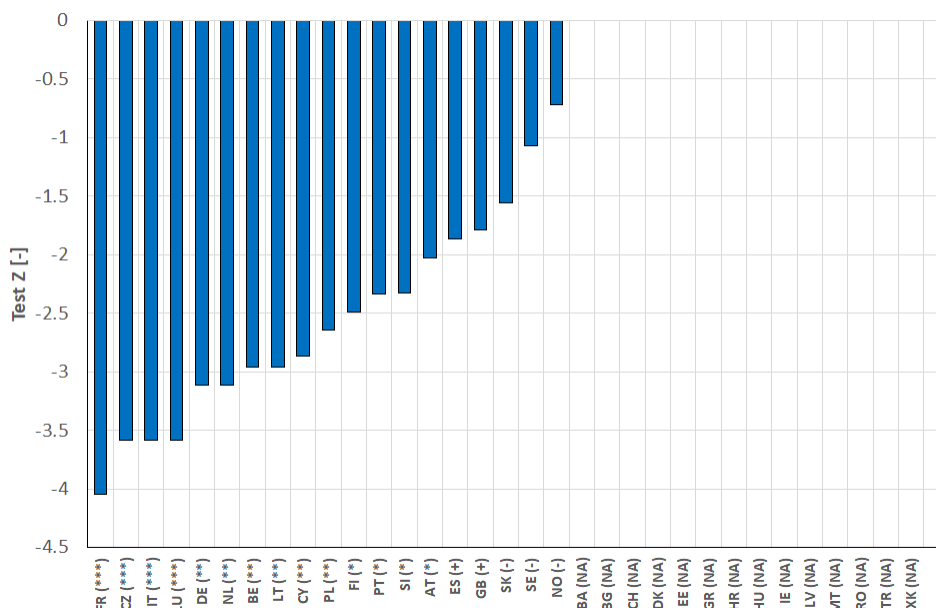
^{*)} Stacje: Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Godów, ul. Gliniki, Guty Duże, KMS Puszca Borecka, Osieczów, Polanczyk-mobilna, Złoty Potok, Leśniczówka



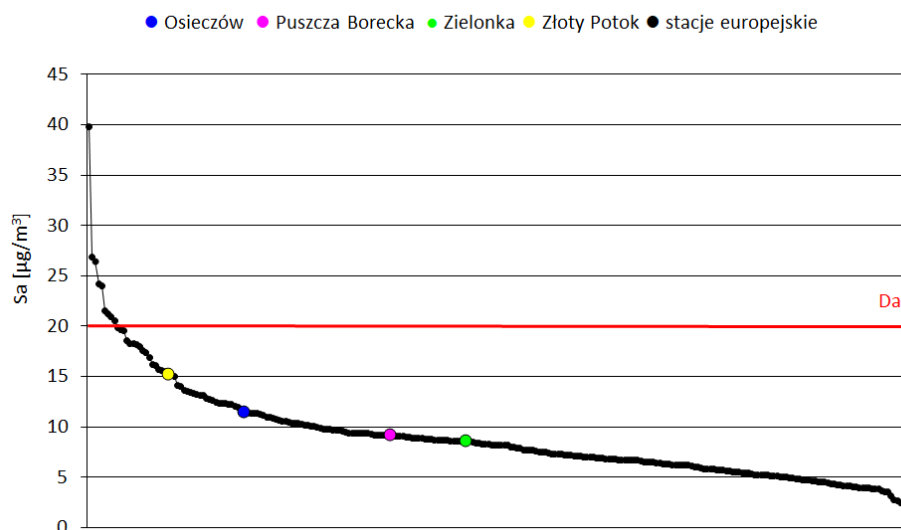
Rys. 7.2.1. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza trendów zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} w poszczególnych krajach w okresie 2010-2020 wskazuje na generalne tendencje spadkowe. Dla żadnego z analizowanych krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych, nie zaobserwowano wzrostu stężeń. W przypadku aż 16 krajów, zaobserwowano istotne statystycznie trendy malejące, w tym dla Polski, a w przypadku 3 krajów (Słowacja, Estonia i Norwegia) zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje spadkowe. Najbardziej wyraźnie

zarysowany trend spadkowy obserwuje się dla Francji, Czech, Włoch i Luksemburga (Rys. 7.2.2).



Rys. 7.2.2. Trendy i tendencje zmian średnich rocznych stężeń pyłu PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.2.3. Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Wartości stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} na poszczególnych stacjach w Europie w 2020 roku zawierały się w granicach od 1,8 µg/m³ do 39,8 µg/m³. Wśród 5% stacji z najwyższymi stężeniami znalazło się 6 zlokalizowanych we Włoszech, 3 stacje tureckie (w tym jedna z 2 maksimum europejskim), 2 czeskie i po jednej stacji z Polski (Godów jako 3 maksimum) oraz z Bośni i Hercegowiny (maksimum europejskie). Najwyższe stężenie średnie roczne wśród polskich stacji tła regionalnego w roku 2020 wystąpiło w Złotym Potoku lokując ją na pozycji 36 maksimum europejskiego. Stacja Osieczów zlokalizowana została w strefie poziomów wyższych na pozycji 50 maksimum, zaś Puszcza

Borecka i Zielonka niemal w połowie stawki, na pozycjach 97 i 120 maksimum europejskiego (Rys. 7.2.3). Najniższe wartości nie przekraczające $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obserwowano na pojedynczych stacjach Finlandii i Norwegii.

7.2.2. Jony zawarte w pyłe PM_{2,5}

Ocenę zanieczyszczenia powietrza dla oznaczanych składników zawartych w pyłe PM_{2,5} w latach 2010-2020 (dla 8 analizowanych jonów oraz 2 rodzajów węgla) przeprowadzono z uwzględnieniem kolejno: 32 stacji w roku 2020 funkcjonujących w 16 krajach, 33 stacji w roku 2019 w 15 krajach, 34 stacji pozamiejskich tła w latach 2017 i 2018 roku funkcjonujących odpowiednio w 15 i 16 krajach, 32 stacji w 2016 roku (13 krajów), 28 stacji w 2015 roku (12 krajów), 29 stacji w 2014 roku (13 krajów), 14 stacji w roku 2013 (8 krajów), 30 w 2012 i 33 z roku 2011 (funkcjonujących w 10 krajach w obu latach) oraz 13 w roku 2010 (6 krajów).

Najwięcej stacji uwzględnionych w analizie w 2020 roku zlokalizowanych było w Niemczech (6 stacji), Hiszpanii oraz w Polsce (po 5 stacji). W 11 krajach pomiary stężeń jonów w PM_{2,5} prowadzono na pojedynczych stacjach. Warto zaznaczyć, że dla 2020 roku nie były dostępne dane z Wielkiej Brytanii.

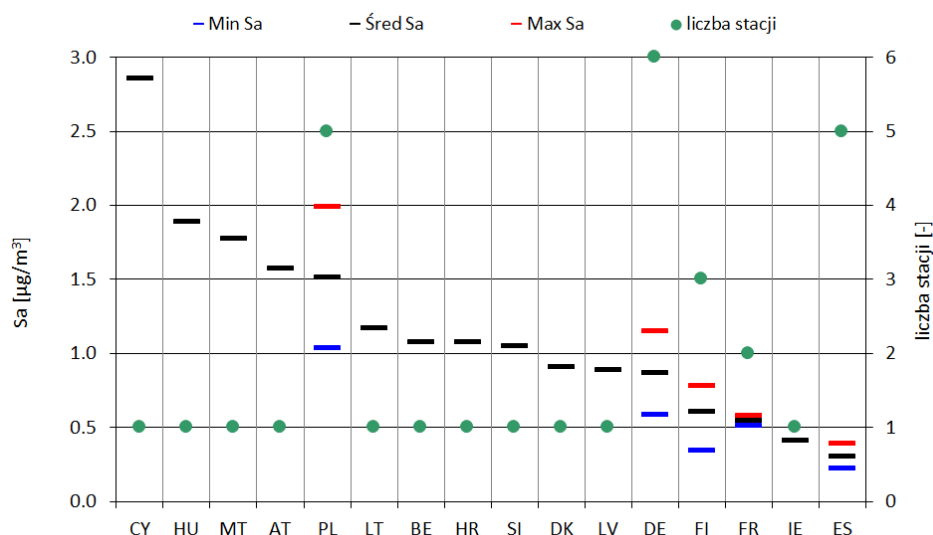
Wartości obliczonych parametrów statystycznych dla oznaczanych w pyłe PM_{2,5} anionów i kationów oraz węgla elementarnego i organicznego w poszczególnych krajach, przedstawiono w tabelach 7.2.3 - 7.2.11 oraz na rysunkach 7.2.4 - 7.2.16.

Analiza stężeń średnich różnych z 32 stacji europejskich dla jonu siarczanowego oznaczanego w pyłe PM_{2,5} w roku 2020 pokazują, że spośród 16 analizowanych państw europejskich, przeciętne stężenie w Polsce znajdowało się w strefie poziomów wyższych. Wyższe stężenia niż w Polsce zanotowano dla Cypru, Węgier, Malty i Austrii. Najniższe wartości wśród krajów europejskich uzyskano dla Hiszpanii i Irlandii (Tab. 7.2.2, Rys. 7.2.4).

Tab. 7.2.2. Stężenia średnie roczne SO_4^{2-} oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	1,569	1,569	1,569
BE	1	1,073	1,073	1,073
CY	1	2,852	2,852	2,852
DE	6	0,585	0,863	1,150
DK	1	0,905	0,905	0,905
ES	5	0,218	0,300	0,390
FI	3	0,342	0,599	0,780
FR	2	0,507	0,541	0,574
HR	1	1,072	1,072	1,072
HU	1	1,886	1,886	1,886
IE	1	0,410	0,410	0,410
LT	1	1,165	1,165	1,165
LV	1	0,887	0,887	0,887
MT	1	1,775	1,775	1,775
PL*)	5	1,034	1,511	1,988
SI	1	1,049	1,049	1,049
Europa	32	0,218	1,153	2,852

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



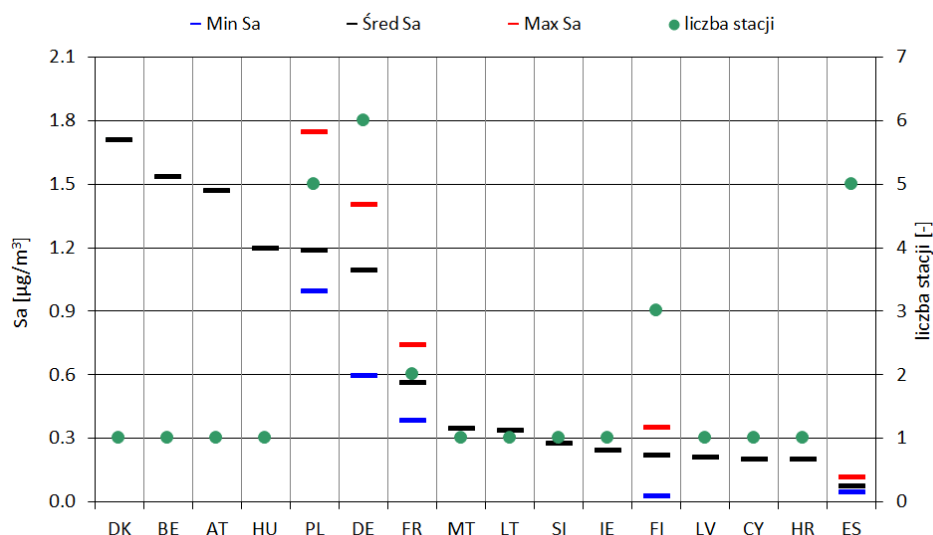
Rys. 7.2.4. Wartości stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} oznaczanego w pyłach $PM_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie dla 2020 roku sytuacja wyglądała w przypadku stężeń jonu azotanowego oznaczanego w pyłach $PM_{2,5}$ (analizę przeprowadzono na 33 stacjach wykonujących pomiary w 16 krajach Europy), gdzie uzyskane stężenia średnie na tle krajów europejskich potwierdziły wyższe wartości dla Polski. Wyższe stężenia niż w Polsce zaobserwowano dla 4 krajów: Danii (najwyższe w Europie), Belgii, Austrii i dla Węgier. Podobnie jak rok wcześniej, najniższe stężenia średnie roczne jonu NO_3^- uzyskano dla Hiszpanii (Tab. 7.2.3, Rys. 7.2.5).

Tab. 7.2.3. Stężenia średnie roczne NO_3^- oznaczanego w pyłach $PM_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

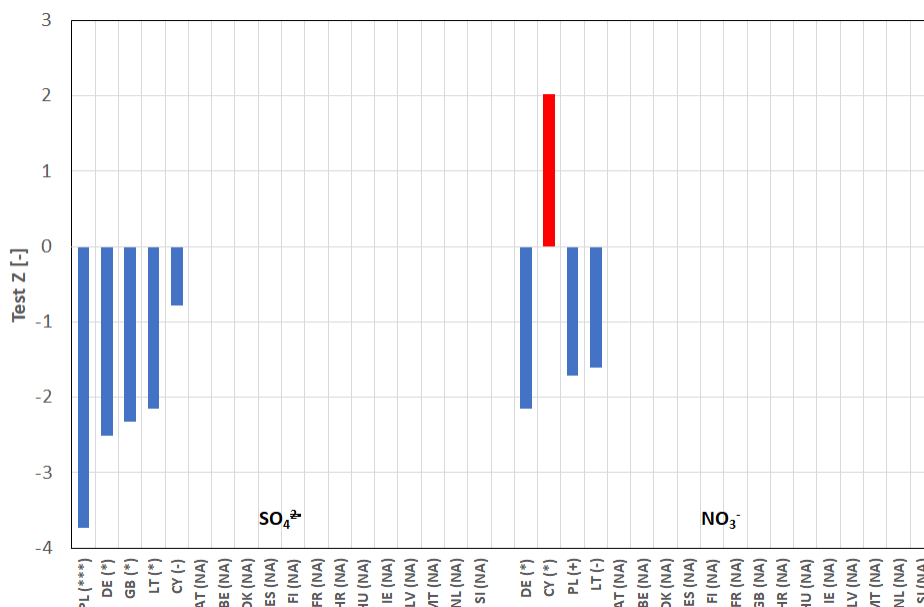
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]
AT	1	1,468	1,468	1,468
BE	1	1,531	1,531	1,531
CY	1	0,197	0,197	0,197
DE	6	0,590	1,092	1,401
DK	1	1,706	1,706	1,706
ES	5	0,042	0,070	0,110
FI	3	0,024	0,218	0,348
FR	2	0,379	0,558	0,737
HR	1	0,196	0,196	0,196
HU	1	1,193	1,193	1,193
IE	1	0,240	0,240	0,240
LT	1	0,332	0,332	0,332
LV	1	0,207	0,207	0,207
MT	1	0,341	0,341	0,341
PL ^{*)}	5	0,990	1,185	1,743
SI	1	0,273	0,273	0,273
Europa	32	0,024	0,675	1,743

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



Rys. 7.2.5. Wartości stężeń średnich rocznych NO_3^- oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza trendów stężeń średnich rocznych dla jonów siarczanowego i azotanowego oznaczanych w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ w okresie 2010-2020 wskazuje na generalne tendencje spadkowe. W przypadku Polski, dla obu jonów obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, przy czym w przypadku jonu SO_4^{2-} , obserwowany trend malejący, wśród krajów europejskich, najwyraźniej jest zarysowany w przypadku Polski (najwyższa istotność statystyczna). Trendy malejące dotyczą też Niemiec, Wielkiej Brytanii i Litwy. W przypadku Cypru obserwuje się tendencję spadkową dla SO_4^{2-} i istotny statystycznie, rosnący trend dla NO_3^- (Rys. 7.2.6).



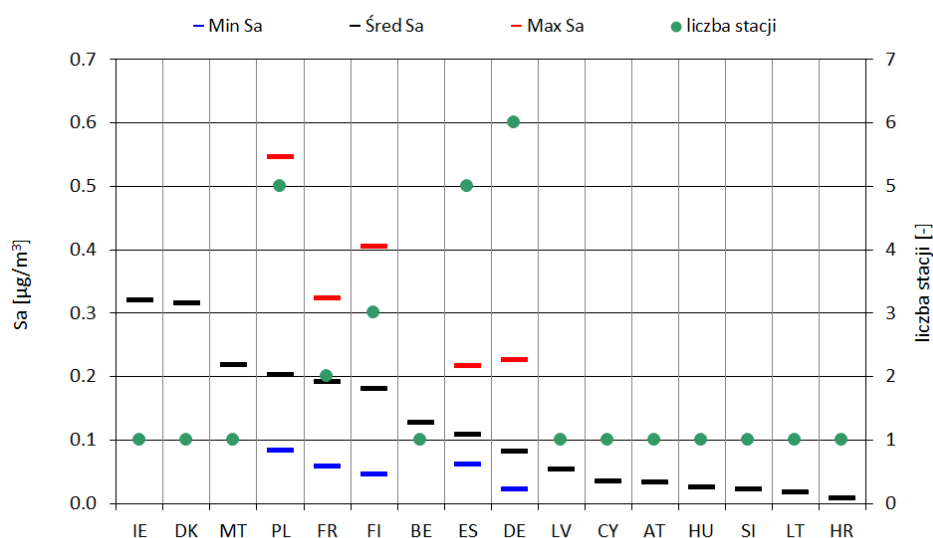
Rys. 7.2.6. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} i NO_3^- oznaczanych w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Bardzo podobnie jak w przypadku omawianych wcześniej jonów, było w przypadku analiz jonu chlorkowego zawartego w pyłe PM_{2,5}, gdzie średnie roczne stężenie obliczone dla Polski w 2020 roku (spośród 16 analizowanych krajów europejskich) usytuowało nasz kraj w strefie stężeń wyższych. Wyższe wartości niż dla Polski zaobserwowano dla Irlandii (najwyższe w Europie), Danii i Malty. Najniższe stężenia jonu Cl⁻ obserwowano dla Chorwacji i Litwy (Tab. 7.2.4, Rys. 7.2.7).

Tab. 7.2.4. Stężenia średnie roczne Cl⁻ oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	1	0,033	0,033	0,033
BE	1	0,127	0,127	0,127
CY	1	0,034	0,034	0,034
DE	6	0,021	0,081	0,225
DK	1	0,315	0,315	0,315
ES	5	0,061	0,108	0,216
FI	3	0,045	0,180	0,404
FR	2	0,057	0,190	0,323
HR	1	0,007	0,007	0,007
HU	1	0,024	0,024	0,024
IE	1	0,320	0,320	0,320
LT	1	0,016	0,016	0,016
LV	1	0,053	0,053	0,053
MT	1	0,217	0,217	0,217
PL ^{*)}	5	0,083	0,201	0,546
SI	1	0,021	0,021	0,021
Europa	32	0,007	0,120	0,546

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



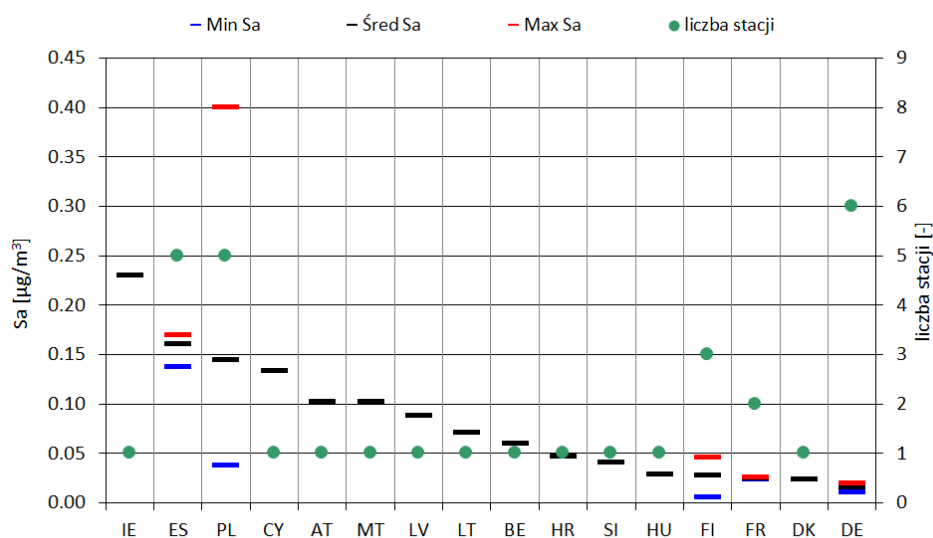
Rys. 7.2.7. Wartości stężeń średnich rocznych Cl⁻ oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Również podobnie w 2020 roku sytuacja wyglądała w przypadku jonu wapniowego, gdzie uśrednione dla kraju stężenie roczne lokuje Polskę wśród najwyższych poziomów w Europie. Wyższe wartości niż w Polsce zaobserwowano dla Irlandii i Hiszpanii. Podobnie, jak rok wcześniej, najniższe w Europie stężenia średnie roczne uzyskano dla Niemiec i Danii (Tab. 7.2.5, Rys. 7.2.8).

Tab. 7.2.5. Stężenia średnie roczne Ca^{2+} oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

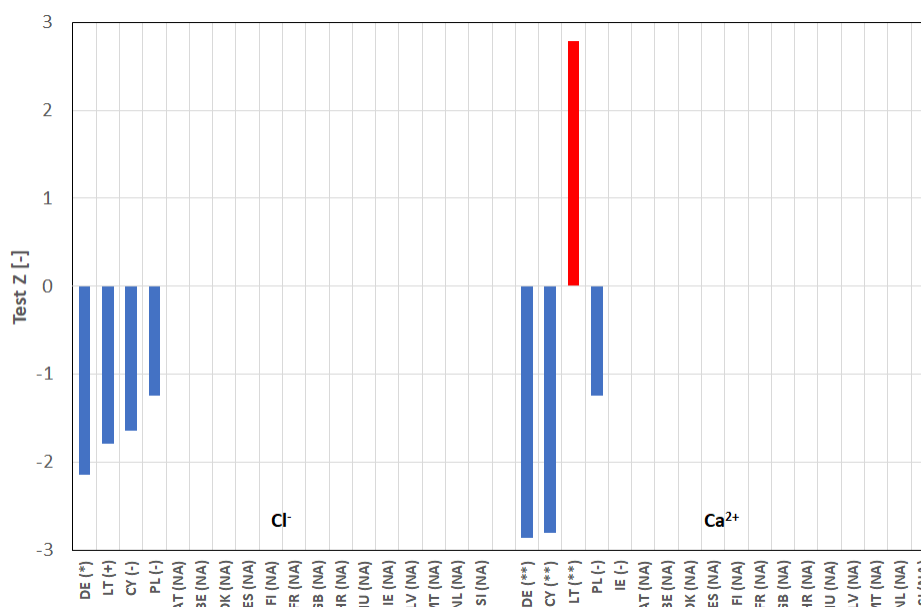
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,102	0,102	0,102
BE	1	0,059	0,059	0,059
CY	1	0,133	0,133	0,133
DE	6	0,010	0,015	0,019
DK	1	0,023	0,023	0,023
ES	5	0,137	0,160	0,169
FI	3	0,005	0,027	0,045
FR	2	0,023	0,024	0,025
HR	1	0,046	0,046	0,046
HU	1	0,028	0,028	0,028
IE	1	0,230	0,230	0,230
LT	1	0,070	0,070	0,070
LV	1	0,088	0,088	0,088
MT	1	0,102	0,102	0,102
PL*)	5	0,037	0,144	0,400
SI	1	0,040	0,040	0,040
Europa	32	0,005	0,081	0,400

*) Stacje: Bory Tucholskie, Godów, ul. Gliniki, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczęw, Żłoty Potok, Leśniczówka



Rys. 7.2.8. Wartości stężeń średnich rocznych Ca^{2+} oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian wartości średnich rocznych jonu chlorkowego oraz wapniowego oznaczanych w pyle PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w okresie 2010-2020 pokazuje spadki. Wyjątek stanowią stężenia Ca²⁺ dla Litwy, gdzie obserwuje się istotny statystycznie wzrost. Najwyraźniej zarysowane istotne statystycznie trendy spadkowe obu jonów dotyczą Niemiec. W przypadku Polski dla jonów Cl⁻ i Ca²⁺ zauważalne są nieistotne statystycznie tendencje spadkowe. Niestety, dla większości krajów, gdzie prowadzone są oznaczenia tych jonów w pyle PM_{2,5} ze względu na niekompletne wyniki analizy trendów nie mogły być przeprowadzone (Rys. 7.2.9).



Rys. 7.2.9. Trendy i tendencje zmian stężeń średnich rocznych Cl⁻ i Ca²⁺ oznaczanych w pyle PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

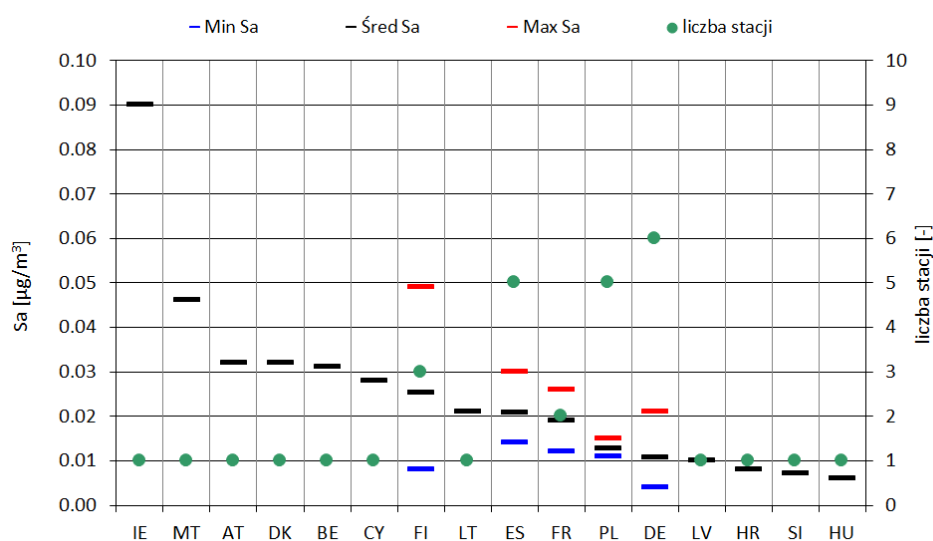
Odmienne od omówionych powyżej jonów sytuacja wygląda dla jonu magnezowego. Uzyskane wyniki na obszarach pozamiejskich tła w Europie pokazały, że w Polsce stężenie tego zanieczyszczenia znajdowało się na jednym z najniższych poziomów wśród 16 analizowanych krajów (Tab. 7.2.6, Rys. 7.2.10). Niższe niż w Polsce wartości uzyskano dla 5 krajów - Niemiec, Łotwy, Chorwacji, Słowenii i Węgier. Podobnie jak w roku poprzednim, najwyższe stężenie średnie roczne jonu magnezowego dla obszarów pozamiejskich tła zaobserwowano dla Irlandii. Taka sytuacja powtarza się od kilku lat (Tab. 7.2.6, Rys. 7.2.10).

Tab. 7.2.6. Stężenia średnie roczne Mg²⁺ oznaczanego w pyle PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
AT	1	0,032	0,032	0,032
BE	1	0,031	0,031	0,031
CY	1	0,028	0,028	0,028
DE	6	0,004	0,011	0,021
DK	1	0,032	0,032	0,032
ES	5	0,014	0,021	0,030
FI	3	0,008	0,025	0,049
FR	2	0,012	0,019	0,026

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
HR	1	0,008	0,008	0,008
HU	1	0,006	0,006	0,006
IE	1	0,090	0,090	0,090
LT	1	0,021	0,021	0,021
LV	1	0,010	0,010	0,010
MT	1	0,046	0,046	0,046
PL ^{*)}	5	0,011	0,013	0,015
SI	1	0,007	0,007	0,007
Europa	32	0,004	0,025	0,090

^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, Godów, ul. Gliniki, KMS Puszcza Borecka, Osieczów, Żłoty Potok, Leśniczówka



Rys. 7.2.10. Wartości stężeń średnich rocznych Mg^{2+} oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

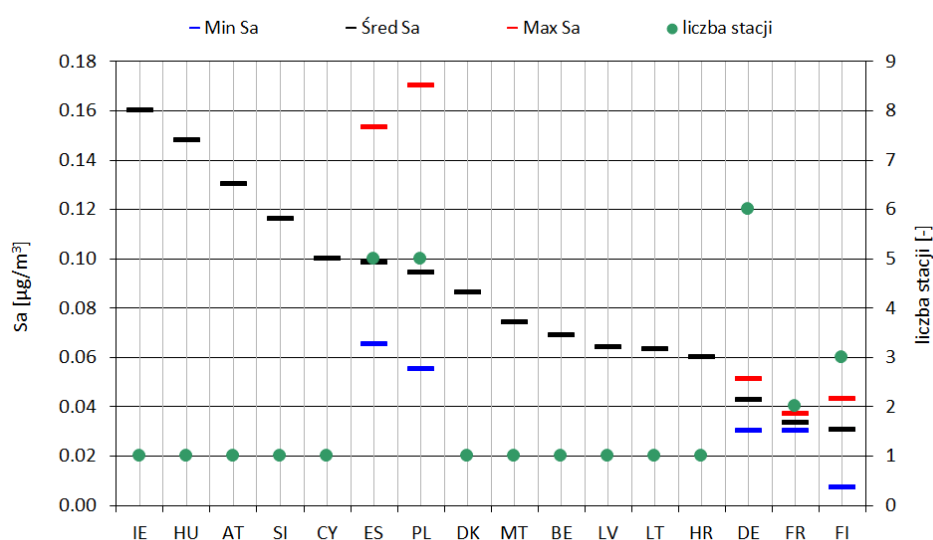
W przypadku stężeń jonu potasowego oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ przeprowadzone porównanie wśród 16 krajów europejskich wskazuje, że stężenie uzyskane dla Polski było na poziomie średnim w Europie. Wyższe niż w Polsce wartości uzyskano dla 6 krajów, najwyższe dotyczy Irlandii, Węgier i Austrii. Najniższe stężenia tego jonu na obszarach pozamiejskich tła jak w latach wcześniejszych dotyczy Finlandii (Tab. 7.2.7, Rys. 7.2.11).

Tab. 7.2.7. Stężenia średnie roczne K^+ oznaczanego w pyłach $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,130	0,130	0,130
BE	1	0,069	0,069	0,069
CY	1	0,100	0,100	0,100
DE	6	0,030	0,043	0,051
DK	1	0,086	0,086	0,086
ES	5	0,065	0,098	0,153
FI	3	0,007	0,031	0,043

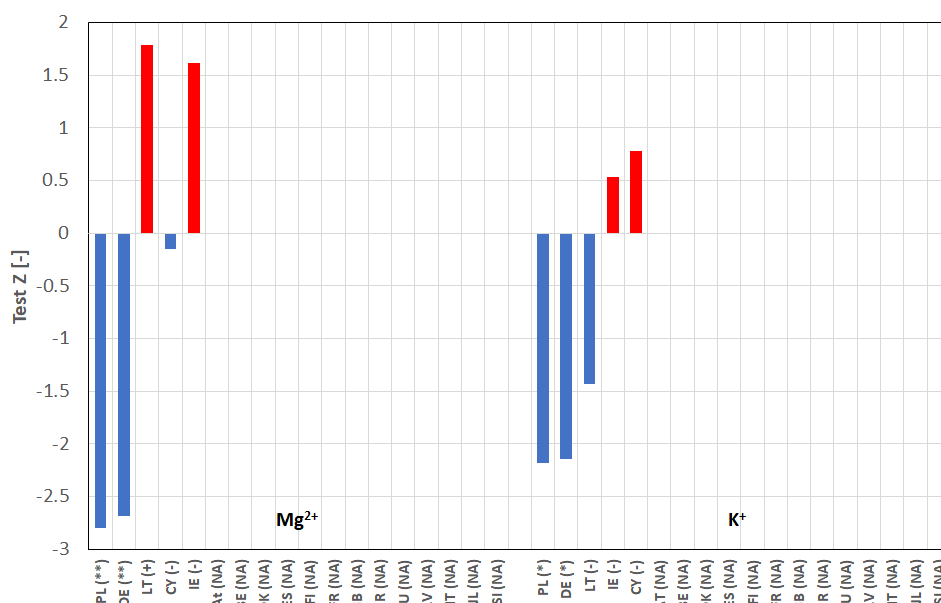
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
	[-]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
FR	2	0,030	0,034	0,037
HR	1	0,060	0,060	0,060
HU	1	0,148	0,148	0,148
IE	1	0,160	0,160	0,160
LT	1	0,063	0,063	0,063
LV	1	0,064	0,064	0,064
MT	1	0,074	0,074	0,074
PL ^{*)}	5	0,055	0,094	0,170
SI	1	0,116	0,116	0,116
Europa	32	0,007	0,086	0,170

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



Rys. 7.2.11. Wartości stężeń średnich rocznych K^+ oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Wśród krajów, dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych zmian stężeń średnich rocznych jonu Mg^{2+} i K^+ w okresie 2010-2020, w Polsce i w Niemczech obserwuje się najwyraźniej zaznaczone oraz istotne statystycznie trendy malejące. W przypadku Litwy można mówić o istotnym statystycznie trendzie rosnącym jonu magnezowego i tendencji spadkowej jonu potasowego, zaś dla Cypru sytuacja jest odwrotna. W przypadku Irlandii, oba jony wykazują nieistotne statystycznie choć wyraźnie zarysowane tendencje rosnące (Rys. 7.2.12).



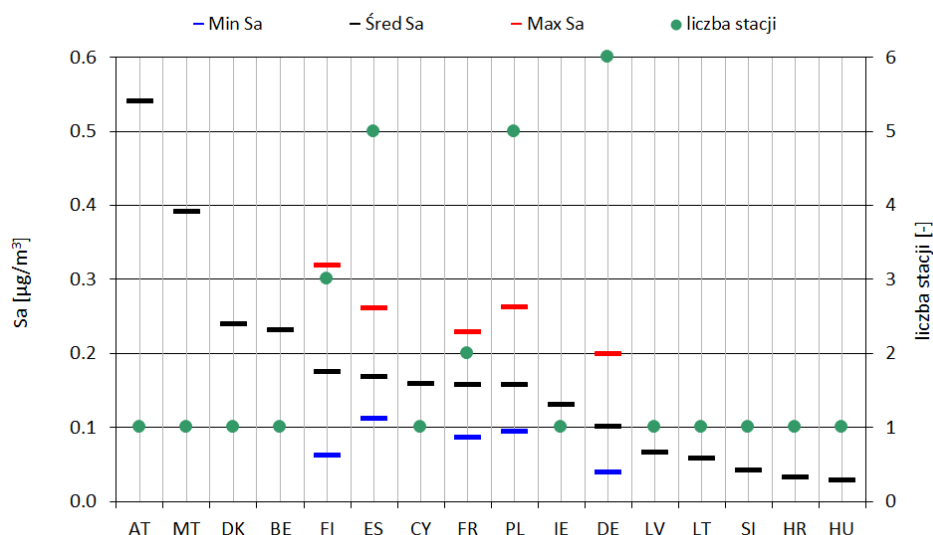
Rys. 7.2.12. Wartości stężeń średnich rocznych Mg^{2+} i K^+ oznaczanych w pyłe $PM_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Ocena stężeń średnich rocznych dla kraju jonu sodowego oznaczanego w pyłe $PM_{2,5}$ pokazuje, że w 2020 roku wśród 16 rozważanych krajów Polska znajdowała się w strefie stężeń średnich. Wyższe stężenia niż w Polsce uzyskano dla 8 krajów, najwyższe dla Austrii i Malty. Najniższe stężenia średnie roczne uzyskano dla Węgier i Chorwacji (Tab. 7.2.8, Rys. 7.2.13).

Tab. 7.2.8. Stężenia średnie roczne Na^+ oznaczanego w pyłe $PM_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[-] [$\mu g/m^3$]	[$\mu g/m^3$]	[$\mu g/m^3$]
AT	1	0,540	0,540	0,540
BE	1	0,231	0,231	0,231
CY	1	0,158	0,158	0,158
DE	6	0,038	0,101	0,198
DK	1	0,239	0,239	0,239
ES	5	0,111	0,168	0,260
FI	3	0,061	0,174	0,318
FR	2	0,085	0,157	0,228
HR	1	0,032	0,032	0,032
HU	1	0,028	0,028	0,028
IE	1	0,130	0,130	0,130
LT	1	0,057	0,057	0,057
LV	1	0,065	0,065	0,065
MT	1	0,391	0,391	0,391
PL ^{*)}	5	0,093	0,156	0,262
SI	1	0,041	0,041	0,041
Europa	32	0,028	0,167	0,540

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



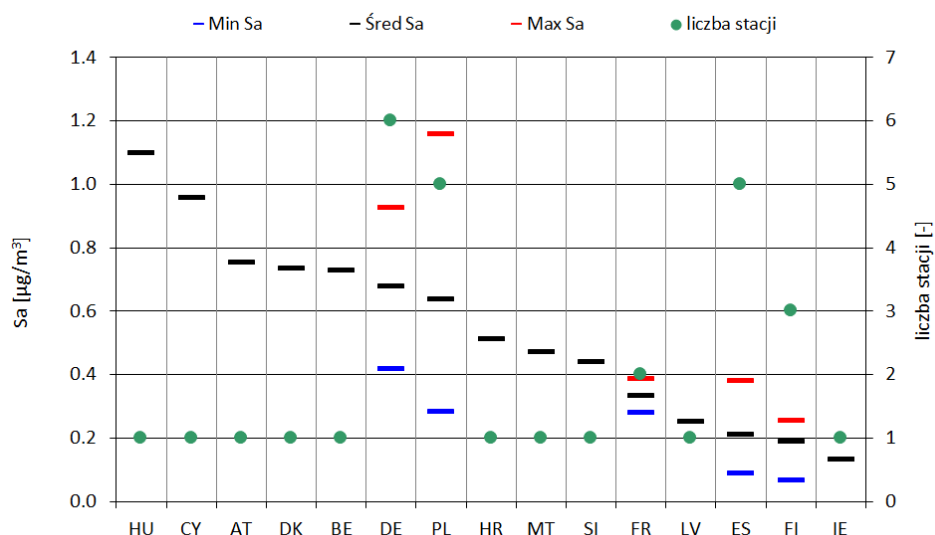
Rys. 7.2.13. Wartości stężeń średnich rocznych Na^+ oznaczanego w pylenie $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie do jonu sodowego sytuacja wyglądała w przypadku stężenia średniego rocznego jonu amonowego. Uśrednione stężenia dla obszarów pozamiejskich tła z uwzględnieniem pomiarów pochodzących z 16 krajów wskazują, że w poziomie w Polsce w roku 2020 znajdowały się w okolicach średniej europejskiej. Wyższe stężenia niż w Polsce uzyskano dla 6 krajów, najwyższe w Europie dotyczą Węgier i Cypru. Najniższe stężenia średnie roczne jonu NH_4^+ uzyskano dla Irlandii i Finlandii (Tab. 7.2.9, Rys. 7.2.14).

Tab. 7.2.9. Stężenia średnie roczne NH_4^+ oznaczanego w pylenie $\text{PM}_{2,5}$ (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

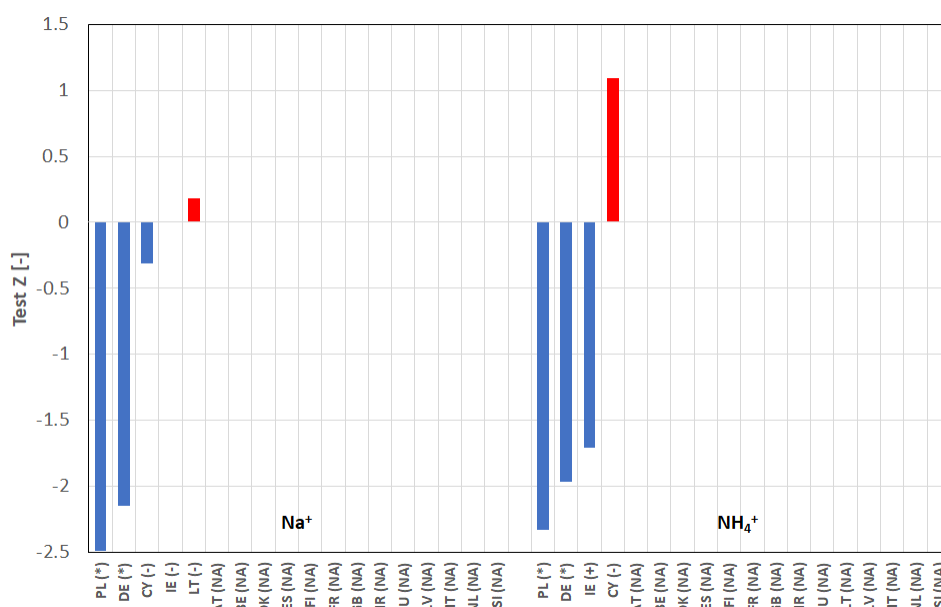
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
AT	1	0,751	0,751	0,751
BE	1	0,728	0,728	0,728
CY	1	0,957	0,957	0,957
DE	6	0,415	0,677	0,924
DK	1	0,733	0,733	0,733
ES	5	0,088	0,208	0,379
FI	3	0,066	0,186	0,252
FR	2	0,278	0,331	0,384
HR	1	0,510	0,510	0,510
HU	1	1,096	1,096	1,096
IE	1	0,130	0,130	0,130
LV	1	0,251	0,251	0,251
MT	1	0,469	0,469	0,469
PL ^{*)}	5	0,282	0,634	1,155
SI	1	0,439	0,439	0,439
Europa	31	0,066	0,540	1,155

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



Rys. 7.2.14. Wartości stężeń średnich rocznych NH_4^+ oznaczanego w pylenie $\text{PM}_{2,5}$ (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Ocena zmian średnich rocznych stężeń jonów Na^+ i NH_4^+ w ostatniej dekadzie (lata 2010-2020) przeprowadzona dla 16 krajów, dla których dostępne były wyniki w analizowanym okresie pokazuje istotne statystycznie trendy malejące tylko w przypadku Polski i Niemiec. W przypadku Cypru obserwujemy się nieistotną statystycznie tendencję rosnącą jonu Na^+ oraz malejącą jonu NH_4^+ . Podobnie jak w przypadku innych jonów, dla wielu krajów brak wyników w poszczególnych latach uniemożliwił przeprowadzenie testów (Rys. 7.2.15).



Rys. 7.2.15. Wartości stężeń średnich rocznych Na^+ i NH_4^+ oznaczanych w pylenie $\text{PM}_{2,5}$ w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Dla omówionych powyżej jonów oznaczanych w pylenie zawieszonym $\text{PM}_{2,5}$, wartości średnie roczne uzyskane dla pojedynczych stacji pozamiejskich tła działających na obszarze Europy w 2020 roku zawierały się w granicach odpowiednio: 0,218-2,852 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla SO_4^{2-} ;

0,024-1,743 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla NO_3^- ; 0,007-0,546 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Cl^- ; 0,004-0,090 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Mg^{2+} ; 0,005-0,400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Ca^{2+} ; 0,028-0,540 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla Na^+ ; 0,007-0,170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla K^+ oraz 0,066-1,155 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla NH_4^+ .

Przeprowadzona analiza obliczonych wartości średnich rocznych dla pojedynczych stacji pokazuje, że w przypadku SO_4^{2-} , spośród 32 średnich rocznych poddanych analizie, podobnie jak w latach wcześniejszych maksymalne stężenie w Europie zanotowano na stacji cypryjskiej (maksimum europejskie) oraz na polskich stacjach w Godowie i Żłotym Potoku (3 maksimum). Pozostałe stacje tła regionalnego z Polski uplasowały się odpowiednio na pozycjach: Osieczów – 7 maksimum, Puszcza Borecka – 9 oraz Zielonka – 15 (Rys. 7.2.16). Podobnie jak w roku poprzednim, najniższe wartości stężeń średnich rocznych zaobserwowano na 3 stacjach hiszpańskich.

Inaczej wyglądała sytuacja w przypadku jonu NO_3^- zawartego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$, gdzie spośród 5 stacji pozamiejskich tła w Europie z najwyższymi stężeniami wśród 32 analizowanych, znalazła się polska stacja z maksimum europejskim (Godów) oraz po 1 stacji z Danii, Belgii, Austrii i Niemiec. Podobnie jak w latach ubiegłych, polskie stacje tła regionalnego ze swoimi stężeniami rocznymi uplasowały się bardzo blisko siebie, w strefie wartości nieco wyższych od średniej dla Europy: Osieczów (9 maksimum europejskie), Żłoty Potok (11), Puszcza Borecka (12 maksimum) i Zielonka (13 maksimum) - Rys. 7.2.16. W przypadku tego jonu najniższe wartości średnie roczne wystąpiły na jednej ze stacji fińskich.

Bardzo podobnie do jonu NO_3^- sytuacja wyglądała w przypadku jonu Cl^- , gdzie najwyższe stężenie średnie roczne spośród 32 analizowanych stacji europejskich wykonujących te oznaczenia zaobserwowano na polskiej stacji w Godowie (maksimum europejskie) oraz na jednej ze stacji fińskich i francuskich. W tym przypadku również polskie stacje tła regionalnego uplasowały się blisko siebie, w okolicach stężeń średnich, odpowiednio na pozycjach: Osieczów z 9 maksimum, Żłoty Potok i Zielonka z 11 i 12 maksimum europejskim oraz Puszcza Borecka na pozycji 17 maksimum (Rys. 7.2.17). Dla tego jonu, najniższe wartości w Europie uzyskano na stacji chorwackiej.

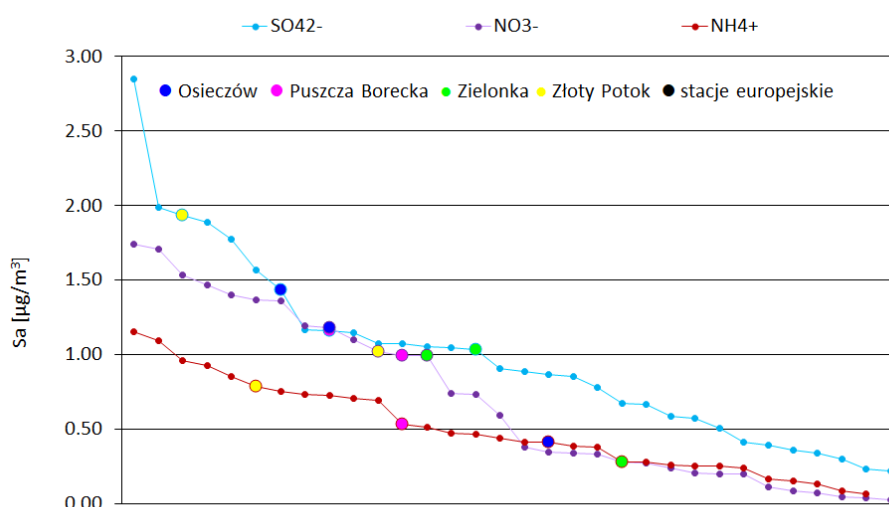
W przypadku jonu Mg^{2+} , stężenia średnie roczne na polskich stacjach tła regionalnego lokowały je w strefie wartości poniżej średniej w Europie, odpowiednio: Żłoty Potok jako 19 maksimum europejskie spośród 32 rozważanych stacji, Osieczów – 20, Puszcza Borecka i Zielonka na pozycjach 23 i 24 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.2.17). Najwyższe wartości zaobserwowano na stacjach w Irlandii i Finlandii. Podobnie jak w latach poprzednich, najniższe stężenie średnie roczne w Europie uzyskano na stacjach niemieckich.

W przypadku jonu Ca^{2+} oznaczanego w pyłe $\text{PM}_{2,5}$, polskie stacje tła regionalnego charakteryzowały się znaczną zmiennością na tle 32 analizowanych stacji europejskich. Najwyższe stężenie w Europie dla obszarów pozamiejskich tła zaobserwowano na polskiej stacji w Godowie, tuż przed stacją irlandzką. Stężenie średnie roczne na stacji Zielonka uplasowało ją na pozycji 7 maksimum europejskiego, Żłoty Potok na 13, Puszcze Borecką na pozycji 16, a Osieczów na 20 licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.2.17). Podobnie jak w latach poprzednich, najniższe stężenia zaobserwowano na jednej ze stacji fińskich i niemieckich.

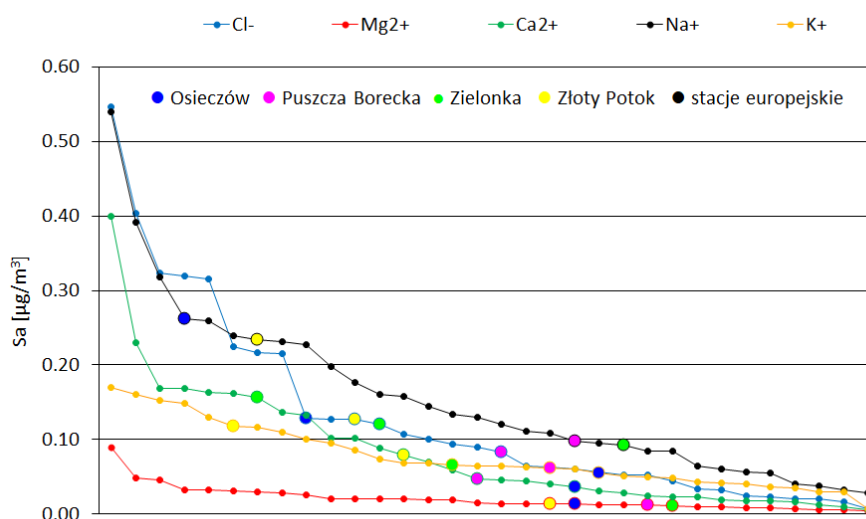
Nieco inaczej w stosunku do opisanych zależności powyżej sytuacja wyglądała w przypadku rozkładu jonu Na^+ . Wartości stężeń na polskich stacjach tła regionalnego były dość mocno oddalone od siebie. Stacje Osieczów i Żłoty Potok znajdowały się w strefie wyższych stężeń (4 i 7 maksimum europejskie), zaś Puszcza Borecka i Zielonka w strefie stężeń niższych (20 i 22 maksimum) - Rys. 7.2.17. Wśród 32 rozważanych stacji europejskich, najwyższe stężenia tego jonu wystąpiły na stacji w Austrii i na Malcie, zaś najniższe - na stacji węgierskiej.

W strefie stężeń w pobliżu średniej europejskiej znajdowały się polskie stacje w przypadku jonu potasowego oznaczanego w pyłe PM_{2.5} w Zielonce (15 maksimum), Puszczy Boreckiej (19) i Osieczowie (21). Stacja Złoty Potok znajdowała się wśród stacji z najwyższymi stężeniami w Europie na pozycji 6 maksimum europejskiego wśród 32 rozważanych stacji (Rys. 7.2.17). Najwyższą wartość średnią roczną zaobserwowano na polskiej stacji w Godowie oraz na stacji irlandzkiej, zaś najniższą na jednej ze stacji fińskich.

Bardzo podobnie układała się sytuacja w przypadku stacji polskich dla oznaczanego w pyłe PM_{2.5} jonu NH₄⁺. Ponownie stacja w Godowie stanowiła maksimum europejskie. Stężenie średnie roczne tego jonu na stacji Złoty Potok usytuowało ją na pozycji 6 maksimum europejskiego, w Puszczy Boreckiej – 12, Osieczowie – 18 i w Zielonce na pozycji 21 maksimum europejskiego (Rys. 7.2.16). Podobnie jak rok wcześniej, najniższe stężenie średnie roczne tego jonu zanotowano na jednej ze stacji fińskich.



Rys. 7.2.16. Wartości stężeń średnich rocznych SO_4^{2-} , NO_3^- i NH_4^+ w pyłe PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)



Rys. 7.2.17. Wartości stężeń średnich rocznych Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ i K^+ oznaczanych w pyłe PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Pomiary węgla organicznego (OC) i elementarnego (EC) oznaczanego w pyłe PM_{2,5} na stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzone są od 2011 roku. Dla roku 2020 analizy zawartego w pyłe PM_{2,5} węgla przeprowadzono na podstawie pomiarów pochodzących z 30 stacji pozamiejskich tła funkcjonujących w 13 krajach w przypadku EC i 31 stacji w 14 krajach w przypadku OC (wszystkie oznaczenia wykonywane były metodą termo-optyczną). Dla obu rodzajów węgla średnie roczne stężenie w Polsce było najwyższe w Europie, tuż przed Węgrami, zaś najniższe zaobserwowano dla Finlandii (Tab. 7.2.10-11, Rys. 7.2.18).

Tab. 7.2.10. Stężenia średnie roczne EC oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

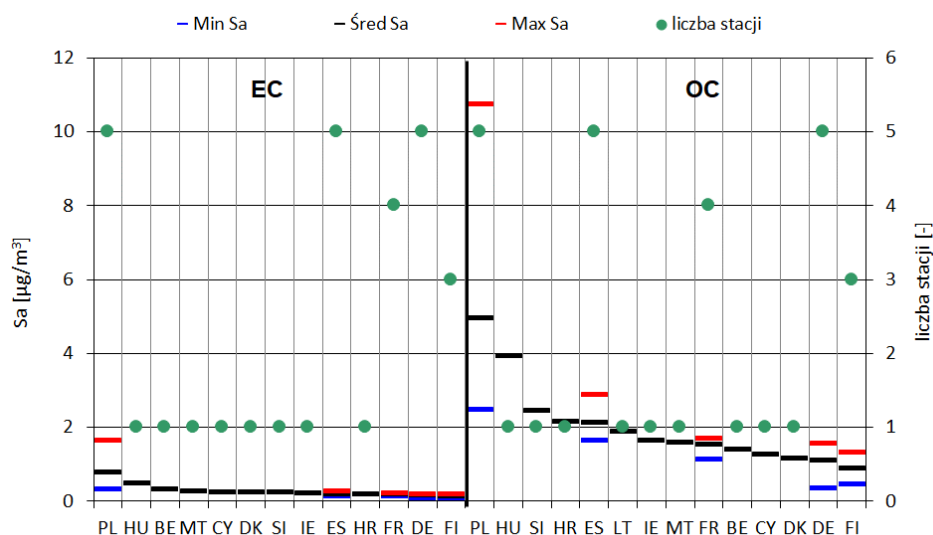
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
BE	1	0,297	0,297	0,297
CY	1	0,229	0,229	0,229
DE	5	0,054	0,128	0,179
DK	1	0,222	0,222	0,222
ES	5	0,116	0,178	0,259
FI	3	0,060	0,111	0,172
FR	4	0,112	0,157	0,187
HR	1	0,166	0,166	0,166
HU	1	0,451	0,451	0,451
IE	1	0,190	0,190	0,190
MT	1	0,257	0,257	0,257
PL ^{*)}	5	0,301	0,757	1,631
SI	1	0,219	0,219	0,219
Europa	30	0,054	0,259	1,631

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

Tab. 7.2.11. Stężenia średnie roczne OC oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

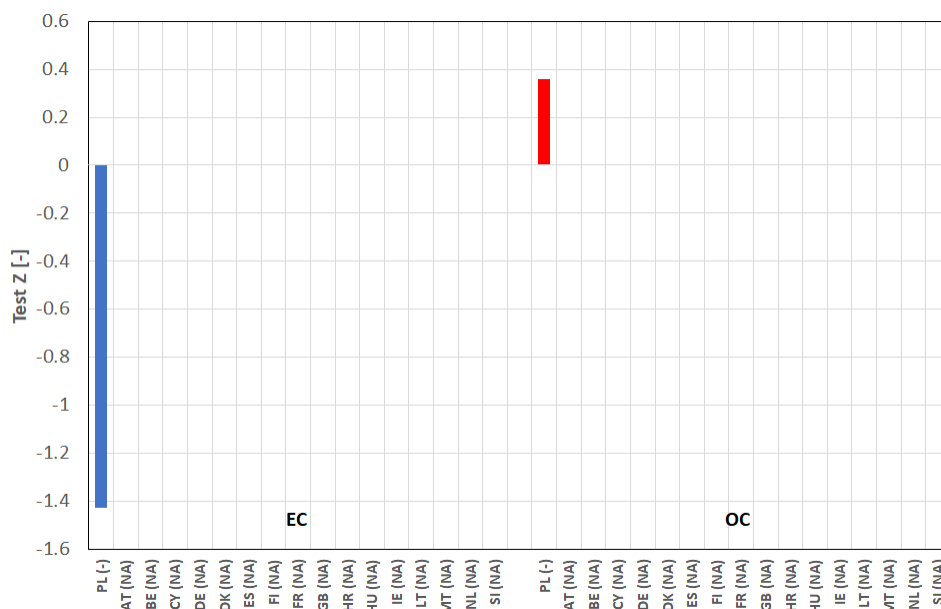
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Stężenie średnie roczne		
		Min	Średnia	Max
		[μg/m ³]	[μg/m ³]	[μg/m ³]
BE	1	1,368	1,368	1,368
CY	1	1,252	1,252	1,252
DE	5	0,333	1,086	1,544
DK	1	1,140	1,140	1,140
ES	5	1,633	2,100	2,873
FI	3	0,446	0,857	1,311
FR	4	1,121	1,525	1,684
HR	1	2,146	2,146	2,146
HU	1	3,907	3,907	3,907
IE	1	1,620	1,620	1,620
LT	1	1,876	1,876	1,876
MT	1	1,578	1,578	1,578
PL ^{*)}	5	2,468	4,935	10,729
SI	1	2,434	2,434	2,434
Europa	31	0,333	1,987	10,729

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



Rys. 7.2.18. Wartości stężeń średnich rocznych EC i OC oznaczanego w pyłe PM_{2,5} (minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

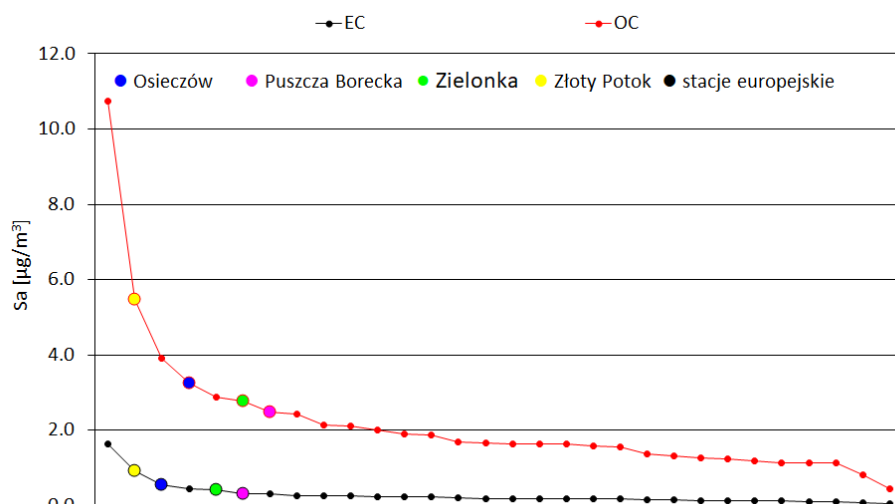
Ze względu na to iż tylko z polskich stacji w okresie ostatniej dekady (2011-2020) raportowano regularnie wyniki pomiarów, wśród analizowanych krajów tylko dla Polski możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych analizy trendów. Uzyskane wyniki dla obu rodzajów węgla wykazują dla Polski nieistotnie statystyczną tendencję malejącą dla EC oraz rosnącą dla OC (Rys. 7.2.19).



Rys. 7.2.19. Wartości stężeń średnich rocznych EC i OC oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w poszczególnych krajach Europy w latach 2011-2020 (źródło danych: EAŚ)

Wartości średnie roczne na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła Europy w 2020 roku mieściły się w granicach odpowiednio: 0,054-1,631 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla EC oraz 0,333-10,729 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla OC (Rys. 7.2.20). W przypadku EC i OC, najwyższe stężenie średnie roczne w Europie zaobserwowano na polskiej stacji w Godowie. W przypadku polskich stacji tła regionalnego

stężenia średnie roczne plasowały je w gronie najwyższych wyników. W przypadku stężeń EC w 2020 roku, stacje w Złotym Potoku i Osieczowie znalazły się na pozycjach 2 i 3 maksimum europejskiego, zaś Zielonka i Puszcza Borecka jako 5 i 6 maksimum. Trzecie maksimum europejskie w 2020 roku obserwowane było na stacji węgierskiej K-puszcza. W przypadku OC sytuacja wyglądała podobnie. Stężenie średnie roczne na stacji Złoty Potok to 2 maksimum europejskie, Osieczów – 4, Zielonka – 6 zaś Puszcza Borecka – 7. Na pozycji 3 maksimum w Europie znajdowała się ponownie stacja węgierska K-puszcza, zaś na pozycji 5 maksimum – jedna ze stacji hiszpańskich. Dla obu związków węgla oznaczanego w pyłe PM_{2,5}, najniższe wartości w Europie w 2020 roku zanotowano na jednej ze stacji niemieckich.



Rys. 7.2.20. Wartości stężeń średnich rocznych węgla oznaczanych w pyłe PM_{2,5} na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

7.3. Udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀

Analizę udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ wykonano na podstawie stężeń średnich rocznych uzyskanych dla roku 2020 na 234 stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzących równoległe pomiary obu frakcji pyłu, funkcjonujących w 30 krajach. W analizach odniesiono się do różnic w udziale w ostatnich dwóch latach tj. 2019-2020.

Najwięcej stacji prowadzących równoległe pomiary obu frakcji pyłu w krajach europejskich (powyżej 30) zlokalizowanych było w Hiszpanii (36 stacje), Włoszech (34) i w Niemczech (32) - Tab. 7.3.1. W 12 krajach pomiary prowadzone były tylko na jednej stacji. Przeprowadzone analizy pokazują, że uśredniony udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ w poszczególnych krajach na obszarach tła pozamiejskiego w Europie w roku 2020 zawierał się w granicach od 31,6% (Litwa) do 94,1% (Estonia).

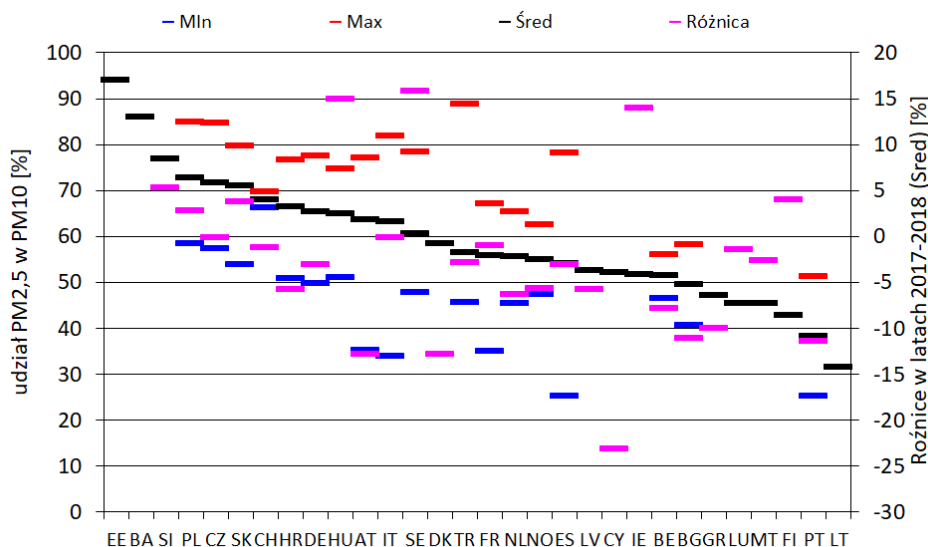
Tab. 7.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w roku 2020 na stacjach pozamiejskich tła (źródło danych: EAŚ)

Kraj	Liczba stacji pozamiejskich tła	Udział pyłu PM _{2,5} w PM ₁₀			
		Minimum	Średnia	Maksimum	Różnica 2020-2019
	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]
AT	6	35,3	63,7	77,2	-12,8
BA	1	86,1	86,1	86,1	
BE	14	46,5	51,4	56,0	-7,8
BG	2	40,7	49,5	58,3	-11,1
CH	3	66,3	67,9	69,8	-1,2
CY	1	52,1	52,1	52,1	-23,1
CZ	21	57,4	71,7	84,7	-0,1
DE	32	49,7	65,3	77,6	-3,0
DK	1	58,5	58,5	58,5	-12,9
EE	1	94,1	94,1	94,1	
ES	36	25,2	54,1	78,3	-3,1
FI	1	42,9	42,9	42,9	3,9
FR	20	35,1	55,9	67,2	-0,9
GR	1	47,2	47,2	47,2	-10,0
HR	5	50,8	66,6	76,7	-5,8
HU	3	51,1	65,1	74,7	14,9
IE	1	51,7	51,7	51,7	14,0
IT	34	34,0	63,2	81,8	-0,1
LT	1	31,6	31,6	31,6	
LU	1	45,4	45,4	45,4	-1,4
LV	1	52,5	52,5	52,5	-5,7
MT	1	45,3	45,3	45,3	-2,6
NL	10	45,5	55,7	65,4	-6,3
NO	3	47,5	54,9	62,6	-5,7
PL ^{*)}	8	58,4	72,7	84,8	2,8
PT	10	25,3	38,4	51,2	-11,4
SE	5	47,7	60,7	78,4	15,8
SI	1	76,9	76,9	76,9	5,3
SK	3	53,9	71,0	79,7	3,7
TR	7	45,6	56,4	88,8	-2,9
Europa	234	25,2	58,9	94,1	-2,5

^{*)} Stacje: Borsukowizna-Wiejska, Bory Tucholskie, Godów, ul. Gliniki, Guty Duże, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów, Polanczyk-mobilna, Złoty Potok Leśniczówka

Największy średni udział obliczony dla kraju na obszarach pozamiejskich tła, wyższy od 75%, zaobserwowano dla Estonii, Bośni i Hercegowiny oraz Słowenii, zaś najmniejszy, nie przekraczający 40% dla Litwy i Portugalii (Tab. 7.3.1).

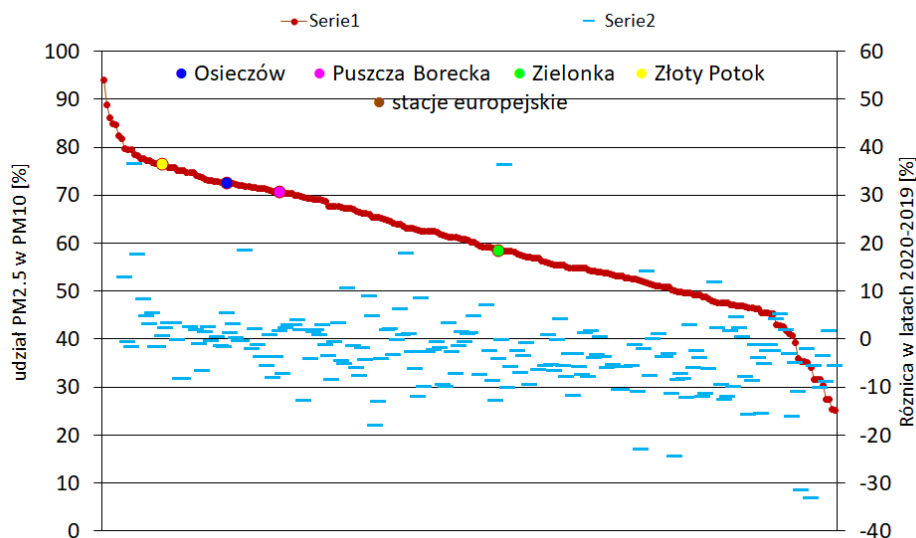
Zdecydowanie najwyższy wzrost udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ z roku na rok (w okresie 2019-2020) zaobserwowano dla Szwecji (blisko 16%) oraz Węgier (blisko 15%). Niewielkie wzrosty zanotowano jeszcze ponadto dla 5 krajów w tym dla Polski (niecałe 3%). Wyniki analizy pokazują, że dla pozostałych 20 krajów udział pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ spadł z roku na rok, najbardziej widoczny dotyczył Cypru (ponad 23%) oraz Danii i Austrii (blisko 13%) – Tab. 7.3.1, Rys. 7.3.1.



Rys. 7.3.1. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ w poszczególnych krajach Europy w roku 2020 ze wskazaniem różnic w udziale średnim w stosunku do roku 2019 (udział obliczony podstawie stężeń średnich rocznych na stacjach pozamiejskich tła) (źródło danych: EAŚ)

Ocena wartości obliczonego udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie pokazuje bardzo duże różnice w granicach 25-94%. Analizowane stacje tła regionalnego z Polski znajdowały się w strefie stacji z najwyższymi wartościami omawianego wskaźnika. Trzy z nich – Złoty Potok, Osieczów i Puszcza Borecka znalazły się wśród 62 stacji z wartościami udziału przekraczającymi 70%. Stacja Zielonka, z wartością 58,4% uplasowała się w połowie stawki (129 pozycja licząc od najwyższego udziału wśród 238 analizowanych stacji). Wśród 7 stacji z najwyższym współczynnikiem udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ przekraczającym 80%, znajdowały się 2 stacje czeskie i po jednej z Bośni i Hercegowiny, Estonii, Włoch, Polski (Godów) i Turcji.

Zmianę udziału pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ z roku na rok (2019-2020) obliczono dla 206 stacji, z których wyniki dostępne były dla obu lat. W przypadku 60 stacjach zaobserwowano wzrost współczynnika udziału z roku na rok, w tym niewielki rzędu 1-2% dla 3 polskich stacji (Złoty Potok, Puszcza Borecka i Osieczów). Największe spadki udziału pyłu PM_{2,5} w pyłe PM₁₀ przekraczające 30% zaobserwowano na stacji portugalskiej, włoskiej i hiszpańskiej. Stacja w Zielonce zanotowała spadek udziału z roku na rok o ponad 4% (Rys. 7.3.2).



Rys. 7.3.2. Udział pyłu PM_{2,5} w PM₁₀ na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w 2020 roku oraz różnica w udziale w okresie 2019-2020 (źródło danych: EAŚ)

7.4. Depozycja zanieczyszczeń do podłoża

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

Ocenę depozycji przeprowadzono dla wyników pomiarów prowadzonych na 48 stacjach w roku 2010 i 2011, na 52 w 2012, 50 w 2013, 39 w 2014, 43 w 2015, 57 w roku 2016, 52 w 2017 oraz 56 w 2018 roku, 55 w 2019 roku i 52 w roku 2020, gdzie prowadzono pomiary pod kątem oznaczenia przynajmniej jednego z metali ciężkich i/lub WWA. W 2020 roku pomiary depozycji na stacjach pozamiejskich tła w Europie prowadzono w 15 krajach: Austrii, Belgii, Niemczech, Danii, Hiszpanii, Finlandii, na Węgrzech, Litwie, Łotwie, w Polsce, w Portugalii, Szwecji i Słowenii. Najwięcej stacji zlokalizowanych było w Niemczech (24) oraz w Hiszpanii i Francji (po 5). W Austrii, Belgii, Węgrzech, Litwie, Łotwie, Portugalii i Słowenii funkcjonowały pojedyncze stacje. W ocenie uwzględniono 3 stacje tła regionalnego z Polski: Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka.

O liczbie stacji uwzględnionych w analizach w 2019 roku decydowały przede wszystkim pomiary metali ciężkich (48 stacji). Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oznaczane były znacznie rzadziej – na 25 stacjach.

7.4.1. Metale ciężkie

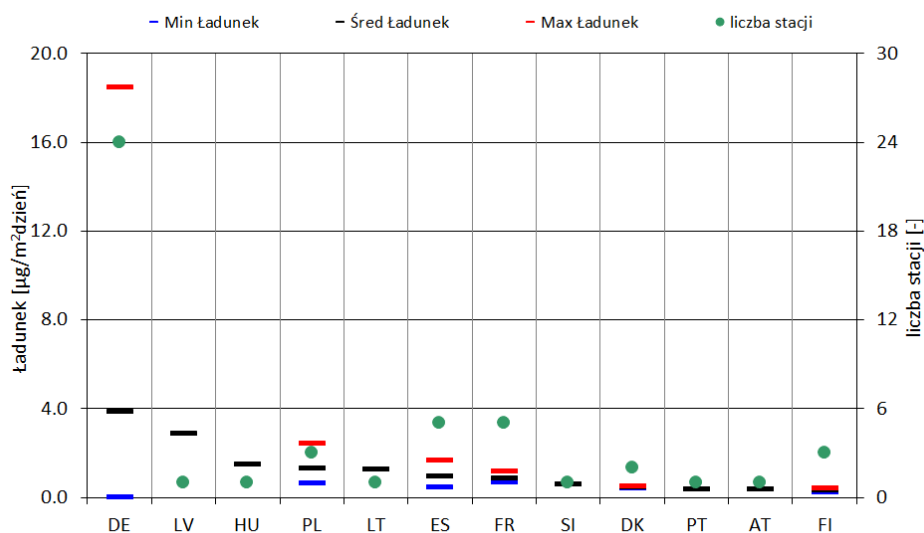
W 2020 roku pomiary zawartości metali ciężkich (arsenu, niklu i kadmu) w opadzie prowadzono na 48 stacjach pozamiejskich tła w Europie. Wartości parametrów statystycznych jako uśrednione wartości dla poszczególnych krajów dla depozycji analizowanych metali ciężkich przedstawiono w tabelach 7.4.1 - 7.4.3 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 nieco wyższym poziomie niż obliczona średnia dla Europy. Wyższe niż w Polsce wartości wskaźnika depozycji uzyskano dla 3 krajów: Niemiec (3 krotnie wyższe niż dla Polski) i Łotwy (2 krotnie wyższe niż w Polsce) oraz 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 roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,337	0,337	0,337
DE	24	0,000	3,855	18,431
DK	2	0,402	0,438	0,473
ES	5	0,449	0,926	1,662
FI	3	0,188	0,277	0,384
FR	5	0,656	0,830	1,160
HU	1	1,473	1,473	1,473
LT	1	1,230	1,230	1,230
LV	1	2,871	2,871	2,871
PL ^{*)}	3	0,621	1,264	2,384
PT	1	0,348	0,348	0,348
SI	1	0,556	0,556	0,556
Europa	48	0,000	1,200	18,431

^{*)} 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 roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

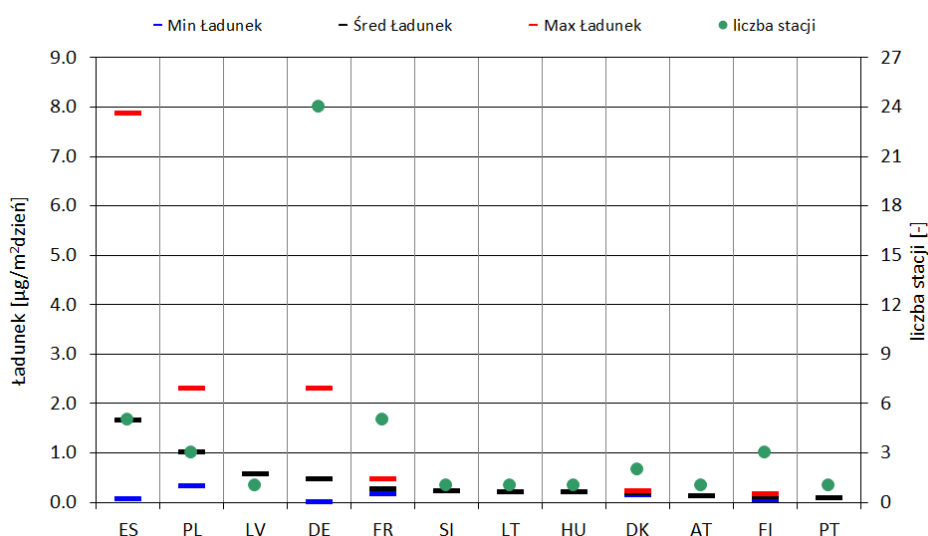
W przypadku depozycji arsenu, wartość średniego dobowego wskaźnika depozycji dla Polski, obok Hiszpanii, była najwyższą w Europie, na poziomie nieco wyższym niż obliczony dla Łotwy (Tab. 7.4.2 i Rys. 7.4.3). Należy podkreślić, że wartość wskaźnika depozycji As

dla Polski była blisko 2 krotnie niższa niż obliczona dla Hiszpanii. Najniższą wartość wskaźnika depozycji As zaobserwowano dla Portugalii.

Tab. 7.4.2. Dobowy wskaźnik depozycji As (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ dzień}$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ dzień}$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ dzień}$]
AT	1	0,107	0,107	0,107
DE	24	0,000	0,449	2,285
DK	2	0,139	0,174	0,209
ES	5	0,063	1,645	7,856
FI	3	0,040	0,102	0,155
FR	5	0,157	0,252	0,459
HU	1	0,191	0,191	0,191
LT	1	0,202	0,202	0,202
LV	1	0,563	0,563	0,563
PL ^{*)}	3	0,310	1,002	2,286
PT	1	0,072	0,072	0,072
SI	1	0,210	0,210	0,210
Europa	48	0,000	0,414	7,856

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



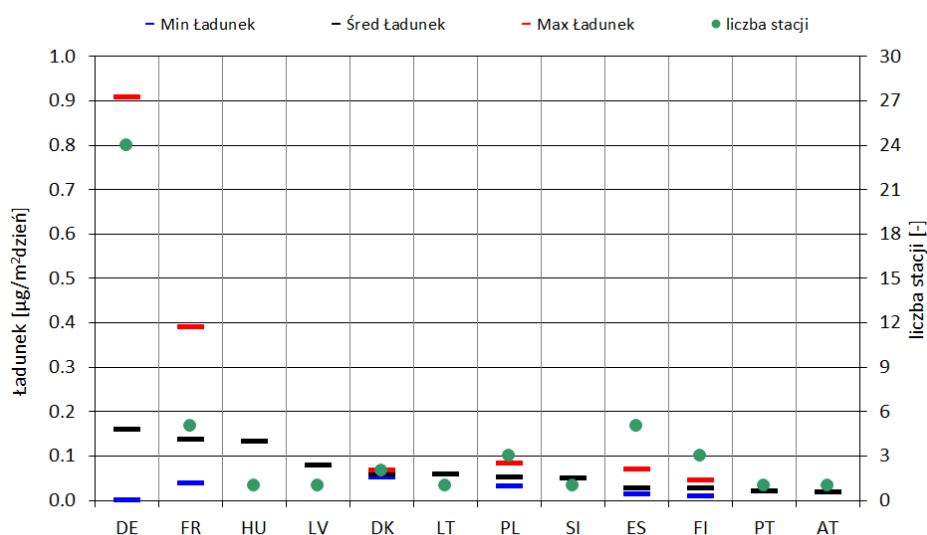
Rys. 7.4.2. Średni dobowy wskaźnik depozycji As (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza uśrednionego wskaźnika depozycji kadmu w 2020 roku na obszarach tła pozamiejskiego w Europie wskazują na wartości w Polsce poniżej średniej europejskiej. Wyższą wartość dobowego wskaźnika depozycji niż obliczoną dla Polski zaobserwowano dla połowy analizowanych krajów, tj. Niemiec, Francji, Węgier, Łotwy, Danii i Litwy. Najniższą wartości wskaźnika depozycji Cd uzyskano dla Austrii (Tab. 7.4.3, Rys. 7.4.5).

Tab. 7.4.3. Dobowy wskaźnik depozycji Cd (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,016	0,016	0,016
DE	24	0,000	0,159	0,906
DK	2	0,050	0,058	0,066
ES	5	0,012	0,026	0,068
FI	3	0,008	0,025	0,044
FR	5	0,038	0,137	0,389
HU	1	0,131	0,131	0,131
LT	1	0,058	0,058	0,058
LV	1	0,078	0,078	0,078
PL ^{*)}	3	0,030	0,051	0,081
PT	1	0,019	0,019	0,019
SI	1	0,049	0,049	0,049
Europa	48	0,000	0,067	0,906

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

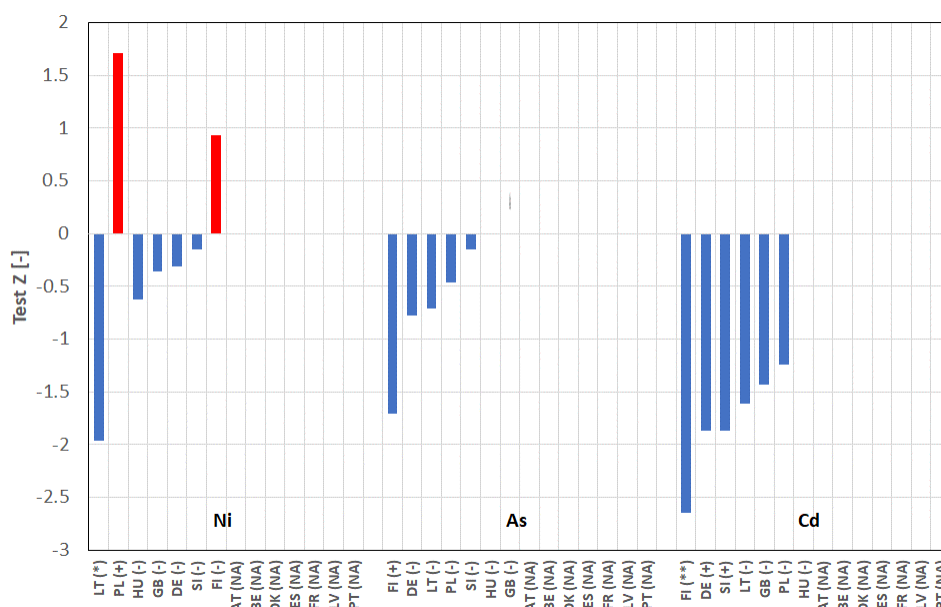


Rys. 7.4.3. Średni dobowy wskaźnik depozycji Cd (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza trendów wskaźnika depozycji Ni w krajach europejskich w ostatniej dekadzie, tj. w okresie 2010-2020 pokazuje generalne tendencje spadkowe. Wyjątek stanowi Polska z istotnym statystycznie trendem rosnącym oraz Finlandia z wyraźnie zarysowaną tendencją rosnącą. Istotny statystycznie trend malejący dotyczy tylko Litwy. W pozostałych 4 krajach obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje malejące w okresie 2010-2020 (Rys. 7.4.4).

W przypadku depozycji As, analiza tendencji zmian w ostatniej dekadzie wskazuje na spadki, z wyjątkiem Wielkiej Brytanii, dla której dane za rok 2020 nie były dostępne. Istotny statystycznie spadek wskaźnika depozycji As dotyczy tylko Finlandii. W przypadku pozostałych 5 krajów w tym Polski, obserwuje się nieistotne statystycznie, ale wyraźnie zaznaczone tendencje spadkowe.

Wśród analizowanych metali ciężkich, najwyraźniej zaznaczone są pozytywne trendy malejące krajowych wskaźników depozycji Cd. Dla tego metalu istotnie statystycznie trendy malejące występują dla Finlandii, Niemiec i Słowenii. Dla 3 krajów (Litwy, Wielkiej Brytanii i Polski) obserwuje się nieistotne statystycznie tendencje spadkowe, zaś w przypadku Węgier można mówić o braku jakiejkolwiek tendencji.



Rys. 7.4.4. Średni dobowy wskaźnik depozycji Ni, As i Cd w poszczególnych krajach Europy w latach 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Wartości wąsików depozycji metali ciężkich na pojedynczych stacjach pozamiejskich tła Europy w 2020 roku mieściły się w granicach: 0,000-18,431 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla Ni; 0,000-7,856 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla As oraz 0,000-0,906 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla Cd.

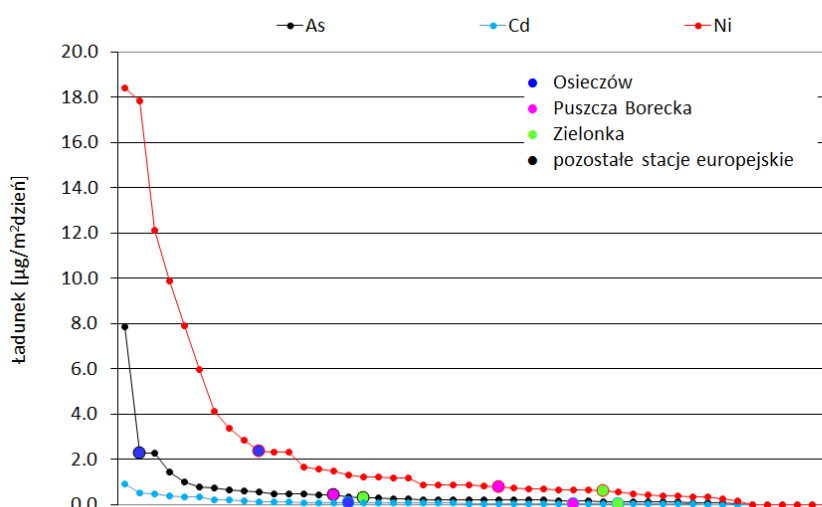
Analiza depozycji metali ciężkich na poszczególnych europejskich stacjach pozamiejskich tła spełniających przyjęte w opracowaniu kryteria kompletności serii (por. rozdział 2) pokazuje, że z wyjątkiem Osieczowa stacje tła regionalnego z Polski znajdowały się wśród stacji ze średnimi wartościami.

W przypadku depozycji Ni, wśród 10 stacji z najwyższymi ładunkami rocznymi (na 48 analizowanych stacji), 8 stacji zlokalizowanych było w Niemczech (od 1 do 8 maksimum europejskiego) oraz po jednej na Litwie i w Polsce (Osieczów z 10 maksimum). Wskaźniki depozycji tego metalu na pozostałych polskich stacjach tła regionalnego uplasowały się odpowiednio na pozycjach: 25 w przypadku Puszczy Boreckiej i 33 dla Zielonki licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.5). Najniższe wartości w Europie obserwowano na 6 stacjach niemieckich co potwierdza obserwowane największe różnice pomiędzy stacjami w tym kraju.

Uzyskane wartości średnich wskaźników depozycji arsenu na stacjach europejskich tła pokazują, że wśród 10 stacji z najwyższymi wartościami wskaźnika depozycji (spośród 48 stacji wykonujących to oznaczenie), znajdowała się jedna stacja z Hiszpanii (maksimum Europejskie), jedna stacja z Polski (Osieczów - 2 maksimum) oraz 7 stacji z Niemiec (od 4 do 9 maksimum). Pozostałe polskie stacje tła regionalnego uplasowały się blisko siebie: Puszcza Borecka na pozycji 15 oraz Zielonka na 17, licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.5).

Ponownie, najniższe wartości depozycji w Europie dla tego metalu obserwowano na 6 stacjach niemieckich.

Ocena obserwowanych wskaźników depozycji kadmu na polskich stacjach tła regionalnego na tle wartości uzyskiwanych na innych stacjach europejskich w 2020 roku pokazuje znaczne różnice. Wśród 10 stacji z najwyższymi wartościami wskaźnika depozycji Cd na 48 analizowanych, znajdowało się aż 8 stacji z Niemiec (w tym 3 z najwyższymi wartościami w Europie) oraz po jednej stacji francuskiej i węgierskiej. W przypadku polskich stacji tła regionalnego, średni dobowy wskaźnik depozycji w Osieczowie uplasował tę stację w strefie wartości wyższych jako 16 maksimum europejskie, zaś w Zielonce i Puszczy Boreckiej na poziomie średnim w Europie odpowiednio jako 31 i 34 maksimum europejskie (Rys. 7.4.5).



Rys. 7.4.5. Średni dobowy wskaźnik depozycji metali ciężkich na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

7.4.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Ocenę depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w Europie na obszarach pozamiejskich tła dla roku 2020 przeprowadzono z uwzględnieniem odpowiednio: 21 stacji w przypadku benzo(a)pirenu, 25 dla benzo(a)antracenu oraz indeno(1,2,3-cd)piranu, 23 dla dibenzo(a,h)antracenu, 14 w przypadku benzo(b)fluorantenu i benzo(k)fluorantenu oraz 10 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 2020 roku dla benzo(a)pirenu pokazują, że spośród 11 analizowanych krajów, gdzie wykonywano pomiary tego zanieczyszczenia, Polska znajdowała się w strefie wartości powyżej średniej obliczonej dla Europy. Wyższy niż w Polsce wskaźnik depozycji zanotowano dla Belgii (ponad 2 krotnie wyższy niż w Polsce), Łotwy i Słowenii. Najniższe wartości wskaźnika depozycji B(a)P uzyskano dla Austrii (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 roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ 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	0,036	0,036	0,036
DE	6	0,004	0,009	0,017
DK	1	0,009	0,009	0,009
FI	2	0,003	0,008	0,013
HU	1	0,013	0,013	0,013
LT	1	0,013	0,013	0,013
LV	1	0,021	0,021	0,021
PL ^{*)}	3	0,007	0,017	0,034
SE	3	0,005	0,007	0,011
SI	1	0,020	0,020	0,020
Europa	21	0,003	0,014	0,036

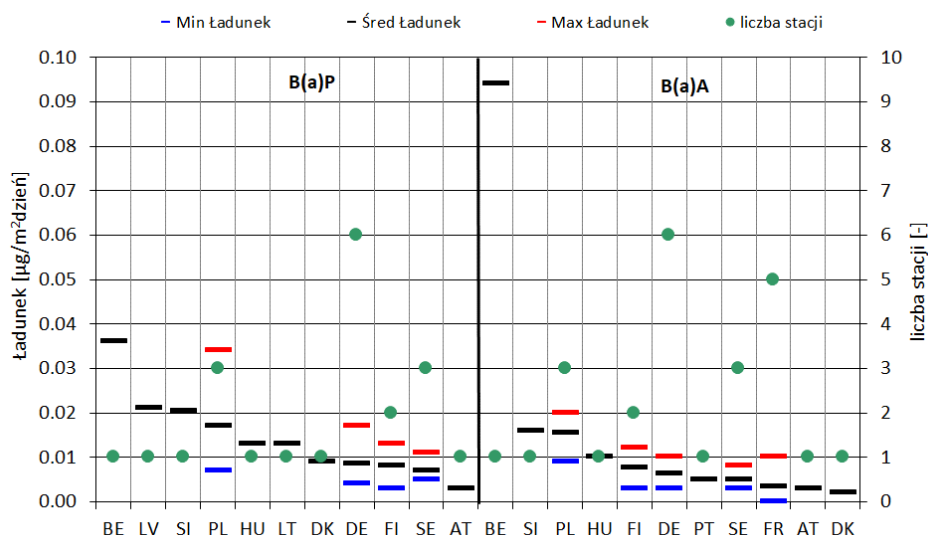
^{*)} Stacje: Bory Tucholskie, KMŚ Puszcza Borecka, Osieczów

W przypadku uśrednionego wskaźnika depozycji benzo(a)antracenu, wyższe wartości wskaźnika depozycji niż w Polsce wśród 11 analizowanych krajów uzyskano tylko dla Belgii i Słowenii. Podobnie jak dla B(a)P, najniższe wartości wskaźnika depozycji B(a)A uzyskano dla Austrii (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 roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

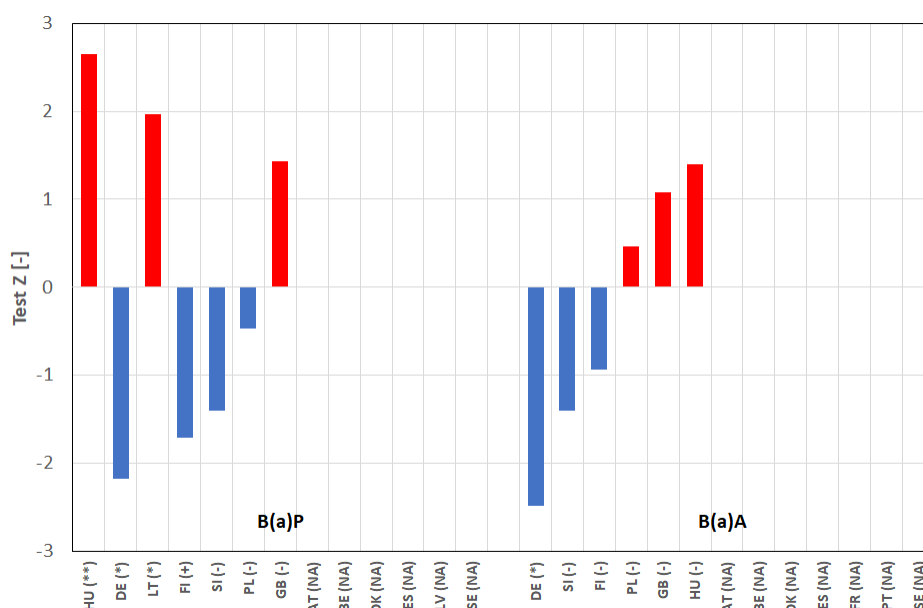
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ dzień]
AT	1	0,003	0,003	0,003
BE	1	0,094	0,094	0,094
DE	6	0,003	0,006	0,010
DK	1	0,002	0,002	0,002
FI	2	0,003	0,008	0,012
FR	5	0,000	0,003	0,010
HU	1	0,010	0,010	0,010
PL ^{*)}	3	0,009	0,015	0,020
PT	1	0,005	0,005	0,005
SE	3	0,003	0,005	0,008
SI	1	0,016	0,016	0,016
Europa	25	0,000	0,015	0,094

^{*)} 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 roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza zmian wartości obydwu omawianych powyżej wskaźników depozycji WWA w ostatniej dekadzie (2010-2020) pokazuje bardzo zróżnicowany obraz w Europie. W przypadku depozycji B(a)P zaobserwowano istotny statystycznie trend rosnący w przypadku Węgier i Litwy oraz malejący dla Niemiec i Finlandii. W przypadku Polski i Słowenii widoczne są nieistotne statystycznie tendencje malejące, zaś dla Wielkiej Brytanii - nieistotna statystycznie tendencja rosnąca (przy czym dane za 2020 rok dla tego kraju nie były dostępne). Wśród 6 krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych zmian w okresie 2010-2020 dla depozycji B(a)A, istotny statystycznie trend malejący dotyczył tylko Niemiec. Dla pozostałych krajów zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje, przy czym dla Słowenii i Finlandii malejące, zaś dla Polski, Wielkiej Brytanii i Węgier – rosnące (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 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Poziom depozycji benzo(b)fluorantenu i benzo(j)fluorantenu oraz benzo(k)fluorantenu na obszarach pozamiejskich tła w 2020 roku, podobnie jak w poprzednich latach, był monitorowany na najmniejszej liczbie stacji i w nielicznych krajach.

W przypadku B(b)F spośród 6 krajów, gdzie wykonywano oznaczenia tego WWA, Polska i Niemcy były krajami z najwyższymi wartościami wskaźnika przy niemal identycznych wartościach średnich wskaźników depozycji. Najniższą wartość wskaźnika depozycji B(j)F zanotowano dla Portugalii (Tab. 7.4.6, Rys. 7.4.8).

Podobnie było w przypadku wskaźnika depozycji B(j)F, gdzie wśród 4 krajów prowadzących oznaczenia tego zanieczyszczenia, w Polsce wartość wskaźnika była niższa jedynie od obliczonej wartości dla Niemiec. Najniższe wartości uzyskano dla Austrii (Tab. 7.4.7, Rys. 7.4.8).

W przypadku depozycji B(k)F w 2020 roku, najwyższą wartość uśrednionego wskaźnika spośród 6 analizowanych krajów uzyskano dla Polski, zaś niższą ponownie dla Austrii (Tab. 7.4.7, Rys. 7.4.8).

Ze względu na niewielką liczbę stacji i krajów w Europie, analizę zmian omówionych powyżej wskaźników depozycji WWA w ostatniej dekadzie 2010-2020, przeprowadzono jedynie dla 3 krajów: Niemiec, Polski i Wielkiej Brytanii. W przypadku B(b)F zaobserwowano nieistotną statystycznie tendencję spadkową dla Niemiec i rosnącą dla Polski, w przypadku B(j)F nieistotną statystycznie tendencję rosnącą dla Polski, zaś w przypadku B(k)F istotny statystycznie trend malejący dla Niemiec i nieistotne statystycznie tendencje rosnące dla Polski i Wielkiej Brytanii (Rys. 7.4.9).

Tab. 7.4.6. Dobowy wskaźnik depozycji B(b)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]
AT	1	0,006	0,006	0,006
DE	1	0,020	0,020	0,020
FR	5	0,008	0,017	0,041
PL ^{*)}	3	0,010	0,020	0,036
PT	1	0,005	0,005	0,005
SE	3	0,010	0,014	0,021
Europa	14	0,005	0,014	0,041

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

Tab. 7.4.7. Dobowy wskaźnik depozycji B(j)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

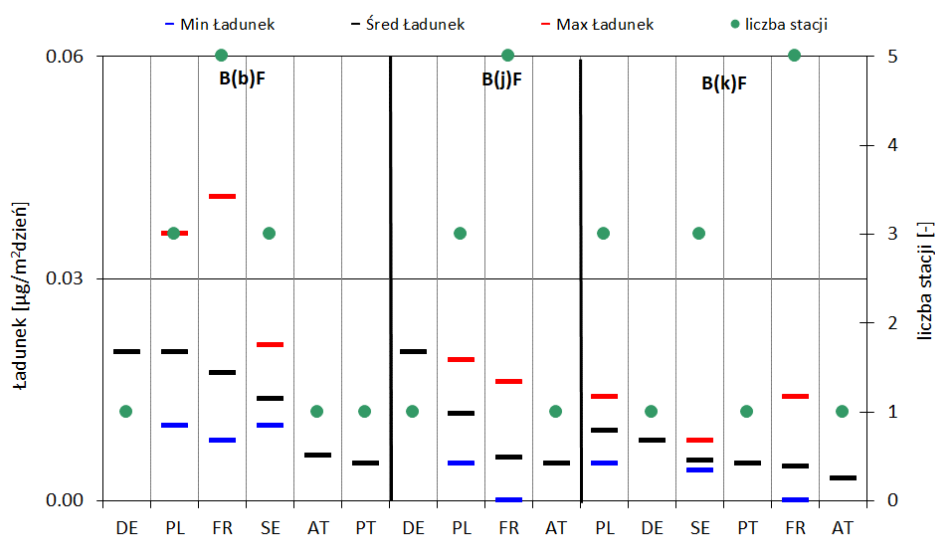
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]
AT	1	0,005	0,005	0,005
DE	1	0,020	0,020	0,020
FR	5	0,000	0,006	0,016
PL ^{*)}	3	0,005	0,012	0,019
Europa	10	0,000	0,011	0,020

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

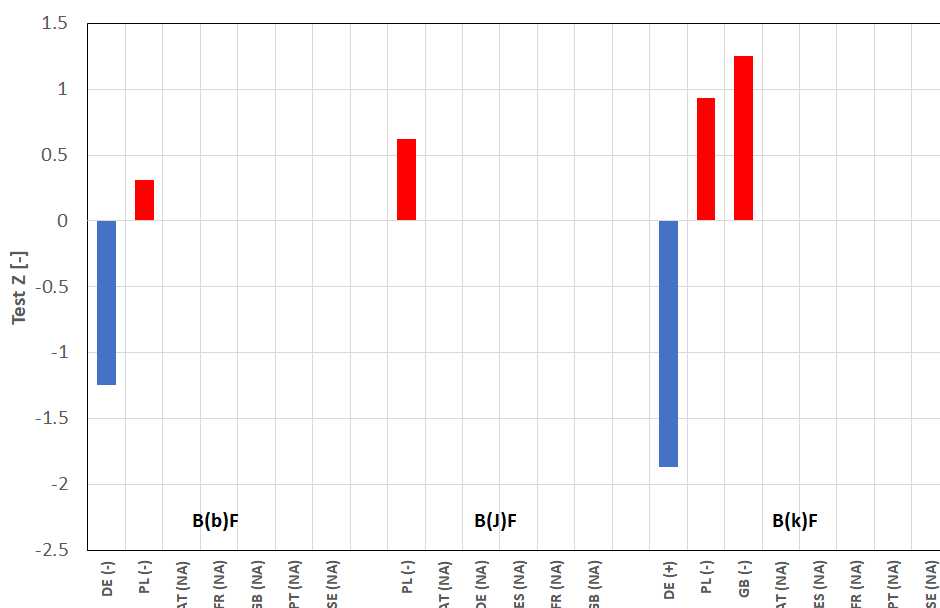
Tab. 7.4.8. Dobowy wskaźnik depozycji B(k)F (wartości minimalne, średnie i maksymalne) uzyskane w roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ 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	0,008	0,008	0,008
FR	5	0,000	0,005	0,014
PL ^{*)}	3	0,005	0,009	0,014
PT	1	0,005	0,005	0,005
SE	3	0,004	0,005	0,008
Europa	14	0,000	0,006	0,014

*) 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 roku 2020 (źródło danych: EAŚ)



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 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Analiza wartości wskaźników depozycji przeprowadzona dla indeno(1,2,3-cd)pirenu i dibenzo(a,h)antarcenu wskazuje, że w 2020 roku depozycja na obszarach tła pozamiejskiego w Polsce znajdowała się na nieco wyższym poziomie niż obliczone średnie dla Europy. W przypadku depozycji I(1,2,3-cd)P, wyższą wartość wskaźnika depozycji niż dla Polski zaobserwowano dla Słowenii (2 krotnie wyższą niż dla Polski), Szwecji i Węgier, zaś najniższą wśród 11 analizowanych krajów dla Danii (Tab. 7.4.9, Rys. 7.4.10).

Podobnie było w przypadku dibenzo(a,h)antarcenu, gdzie najwyższe wartości uśrednionego dla kraju wskaźnika depozycji w 2020 roku zaobserwowano dla Belgii i Słowenii. Wyższe wartości wskaźnika niż w Polsce zanotowano ponadto dla Danii i Portugalii. Najniższą wartość w 2020 roku spośród 10 analizowanych krajów uzyskano dla Niemiec (Tab. 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 roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

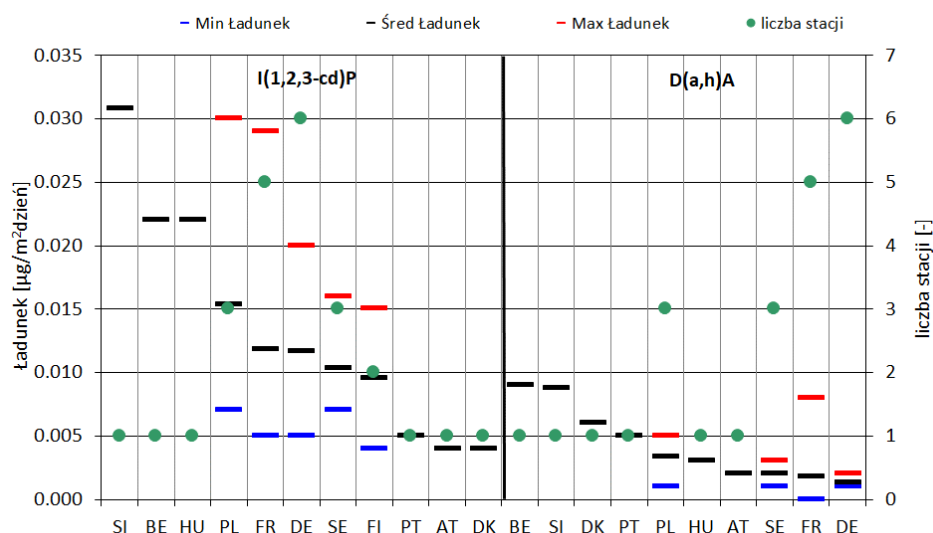
Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]
AT	1	0,004	0,004	0,004
BE	1	0,022	0,022	0,022
DE	6	0,005	0,012	0,020
DK	1	0,004	0,004	0,004
FI	2	0,004	0,010	0,015
FR	5	0,005	0,012	0,029
HU	1	0,022	0,022	0,022
PL ^{*)}	3	0,007	0,015	0,030
PT	1	0,005	0,005	0,005
SE	3	0,007	0,010	0,016
SI	1	0,031	0,031	0,031
Europa	25	0,004	0,013	0,031

^{*)} 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 roku 2020 w poszczególnych krajach Europy (źródło danych: EAŚ)

Kod kraju wg ISO	Liczba stacji pozamiejskich tła [-]	Dobowy wskaźnik depozycji		
		Min	Średnia	Max
		[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]	[µg/m ² dzień]
AT	1	0,002	0,002	0,002
BE	1	0,009	0,009	0,009
DE	6	0,001	0,001	0,002
DK	1	0,006	0,006	0,006
FR	5	0,000	0,002	0,008
HU	1	0,003	0,003	0,003
PL ^{*)}	3	0,001	0,003	0,005
PT	1	0,005	0,005	0,005
SE	3	0,001	0,002	0,003
SI	1	0,009	0,009	0,009
Europa	23	0,000	0,004	0,009

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

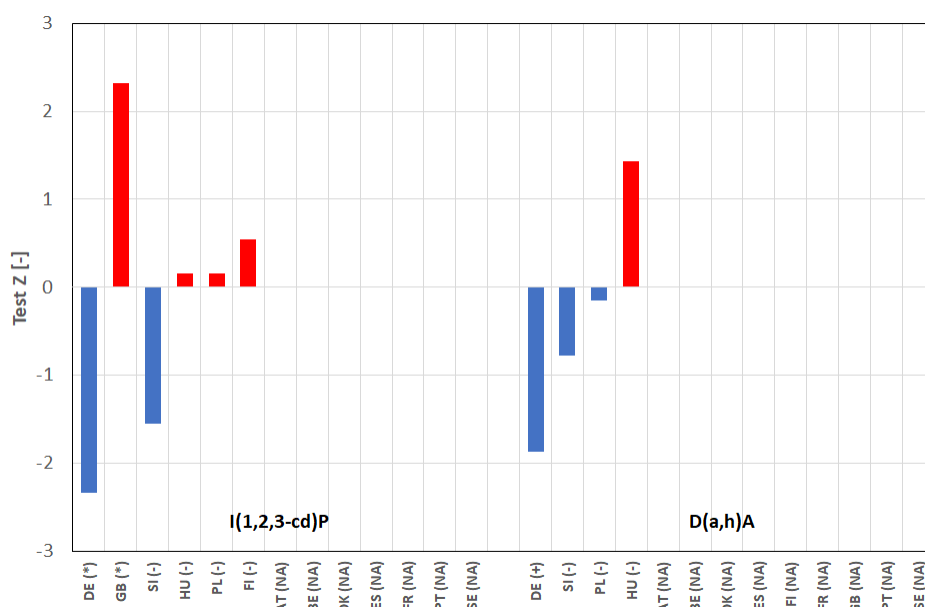


Rys. 7.4.10. Średni dobowy wskaźnik depozycji I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A (wartości minimalne, średnie i maksymalne) w poszczególnych krajach Europy na tle liczby stacji pozamiejskich tła uwzględnionych w analizie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

Podobnie jak dla wcześniej omówionych WWA, ocena zmian wartości średnich rocznych depozycji I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A w Europie w ostatniej dekadzie 2010-2020 była zróżnicowana.

Spośród 5 krajów dla których możliwe było przeprowadzenie testów statystycznych zmian wskaźników depozycji I(1,2,3-cd)P, istotne statystycznie trendy dotyczyły Niemiec (malejący) i Wielkiej Brytanii (rosnący). W przypadku pozostałych 4 krajów, zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje - malejącą dla Słowenii i rosnącą dla Węgier, Polski i Finlandii.

W przypadku analiz zmian wskaźników depozycja D(a,h)A, tylko dla Niemiec zauważalny jest istotny statystycznie trend malejący, zaś nieistotne statystycznie tendencje malejące w okresie 2010-2020 dotyczyły Słowenii i Polski, a tendencja rosnąca – Węgier (Rys. 7.4.11).



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 2010-2020 (źródło danych: EAŚ)

Wartości wskaźników rocznych depozycji 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 2020 roku w Europie roczne wskaźniki depozycji WWA zawierały się odpowiednio w granicach: 0,003-0,036 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(a)P; 0,000-0,094 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(a)A; 0,005-0,041 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(b)F; 0,000-0,020 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(j)F; 0,000-0,014 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla B(k)F; 0,004-0,038 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla I(1,2,3-cd)P oraz 0,000-0,009 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ na dzień dla D(a,h)A.

Zestawienie wyników wskaźników depozycji WWA na polskich stacjach tła pozostałych stacji europejskich tła pozamiejskiego w Europie w 2020 roku pokazuje, że w przypadku B(a)P wśród 5 najwyższych wartości znalazły się stacje z Belgii (maksimum europejskie), Polski (2 maksimum – Puszcza Borecka), z Łotwy, Słowenii i Niemiec. Pozostałe dwie polskie stacje tła regionalnego: Osieczów i Zielonka znajdowały się blisko siebie na pozycjach 11 i 15 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.12). Najniższe wskaźniki depozycji wśród 21 analizowanych stacji uzyskano dla stacji fińskiej.

W przypadku depozycji B(a)A, wartości wskaźników na polskich stacjach tła regionalnego wykazywały poziomy lokujące je wśród stacji europejskich z wartościami wyższymi. Najwyższe wartości wskaźnika depozycji wśród 25 analizowanych stacji zanotowano ponownie dla stacji belgijskiej oraz 2 stacji polskich: Puszcza Borecka i Osieczów z 2 i 3 maksimum europejskim. Wartość wskaźnika depozycji na stacji tła regionalnego w Zielonce uplasowała ją na pozycji 9 maksimum licząc od wartości najwyższych (Rys. 7.4.12). Najniższe wartości wskaźników depozycji B(a)A obserwowano na 3 stacjach francuskich.

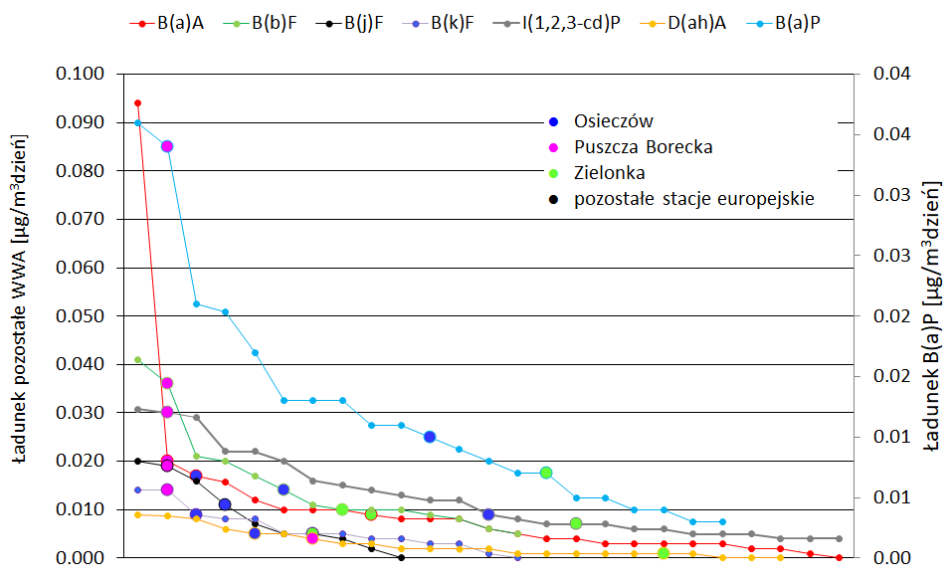
Spośród analizowanych 14 stacji wykonujących oznaczenia depozycji B(b)F w Europie, najwyższe wskaźniki zaobserwowano na jednej ze stacji francuskich oraz na polskiej stacji tła regionalnego w Puszczy Boreckiej (2 maksimum) i jednej ze stacji szwedzkich. Pozostałe stacje tła regionalnego z Polski Osieczów i Zielonka znajdowały się blisko siebie na pozycjach 6 i 8 maksimum (Rys. 7.4.12). Najniższą wartość wskaźnika depozycji B(b)F uzyskano na stacji portugalskiej.

Analizę wskaźników depozycji B(j)F przeprowadzono dla 10 stacji. Uzyskane wartości dla polskich stacji tła regionalnego ulokowały je na pozycjach: Puszcza Borecka jako 2 maksimum w Europie, Osieczów - 4 maksimum i Zielonka - 7 (Rys. 7.4.12). Najwyższą wartość wskaźnika depozycji B(j)F w 2020 roku zanotowano dla jednej ze stacji niemieckich, zaś najniższą dla jednej ze stacji francuskich.

Podobnie jak w przypadku rozkładu obserwowanego dla depozycji B(b)F, sytuacja wyglądała dla B(k)F. Na tle 14 rozważanych stacji europejskich, wartości wskaźników depozycji dla polskich stacji tła regionalnego w Puszczy Boreckiej i Osieczowie były bardzo zbliżone i lokowały je odpowiednio na pozycjach 2 i 3 maksimum w Europie. Stacja w Zielonce znajdowała się w połowie stawki licząc od wartości najwyższych na pozycji 7 maksimum (Rys. 7.4.12). Najwyższą i najniższą wartość wskaźnika depozycji B(k)F w 2020 roku zanotowano dla stacjach francuskich.

W przypadku pomiarów depozycji I(1,2,3-cd)P, najwyższe wartości wskaźnika depozycji tego WWA obserwowano na stacji w Słowenii, oraz w Puszczy Boreckiej (2 maksimum) i jednej ze stacji francuskich. Wartości wskaźnika uzyskane na pozostałych polskich stacjach tła regionalnego sklasyfikowały je wśród 25 analizowanych stacji kolejno na pozycjach: 13 maksimum w Osieczowie i 16 w Zielonce (Rys. 7.4.12). Najniższy wskaźnik depozycji zanotowano na stacji fińskiej.

Analiza zmienności wskaźników depozycji D(a,h) wśród 23 analizowanych stacji tła pozamiejskiego w Europie wykazała najwyższe wartości na stacjach w Belgii, Słowenii, Francji i Danii. Polskie stacje tła regionalnego Osieczów i Puszcza Borecka znajdowały się w strefie wartości średnich na pozycjach 5 i 7 maksimum, zaś Zielonka w strefie wartości niskich na pozycji 19 maksimum (Rys. 7.4.12). Ponownie, najniższe wartości wskaźnika depozycji D(a,h)A odnotowano na stacjach francuskich.



Rys. 7.4.12. Średni dobowy wskaźnik depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych do podłoża na poszczególnych stacjach pozamiejskich tła w Europie w roku 2020 (źródło danych: EAŚ)

8. Podsumowanie

Emisja

Wyniki inwentaryzacji krajowej emisji pierwotnej pyłu PM₁₀ i PM_{2,5} w roku 2020 pokazują podobne wielkości w stosunku do 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 procesy przemysłowe i rolnictwo, a dla drobniejszej frakcji: przemysł wytwórczy i budownictwo oraz transport.

Główne źródła prekursorów pyłu 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).

Największy udział w emisji metali ciężkich w Polsce mają procesy przemysłowe (Pb, Cd, As) oraz przemysły energetyczne (Ni). 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

Cechą charakterystyczną warunków termicznych obserwowanych w roku 2021, o względnie niskiej średniej temperaturze na większości stacji, była względnie mroźna zima oraz ciepłe lato. Obserwuje się wyraźną tendencję wzrostową temperatury uśrednionej dla wszystkich analizowanych stacji, pomimo spadku wartości w roku 2021.

Rok 2021 charakteryzował się niższymi opadami na większości stacji osłonowych względem wielolecia 2010-2020 i roku 2020. Był to okres o przeciętnej skali zmienności opadów - od najniższych w lutym-marcu do najwyższych w lipcu-sierpniu.

Warunki meteorologiczne kształtowane były przez masy powietrza napływające nad Polskę najczęściej z kierunków sektora północnego, a najrzadziej - z kierunku zachodniego.

W 2021 roku warunki wiatrowe słabo sprzyjały rozcieńczaniu zanieczyszczeń w rejonach większości stacji, za wyjątkiem Godowa.

Pył PM₁₀ oraz oznaczane w nim metale ciężkie i WWA

Przebieg dobowych wartości stężenia pyłu w roku 2021 był typowy. Na wszystkich stacjach zaznaczyły się wyższe stężenia w chłodnej połowie roku. W roku 2021 w stosunku do roku poprzedniego wartości średnich rocznych stężeń pyłu PM₁₀ były wyższe, większa (poza stacją Puszcza Borecka) była też liczba dni z przekroczeniami poziomu dopuszczalnego dla PM₁₀. Po raz trzeci na żadnej stacji tła regionalnego, ani na stacji w Godowie nie odnotowano przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla średniego rocznego stężenia pyłu PM₁₀ (brak przekroczeń stwierdzono także w latach 2019 i 2020; w poprzednich latach miało ono miejsce na stacji w Godowie).

Porównanie stężeń średnich rocznych pyłu PM₁₀ na obszarach tła pozamiejskiego w 2020 roku w poszczególnych krajach Europy pokazuje, że stężenie obliczone dla Polski znajdowało się wśród poziomów powyżej obliczonej średniej dla Europy. Wśród 32 analizowanych krajów, wyższe niż dla Polski wartości uzyskano tylko dla Bośni i Hercegowiny, Turcji, Grecji, Cypru oraz Włoch. W 2020 roku przekroczenie rocznej wartości dopuszczalnej określonej w celu ochrony zdrowia zanotowano na 3 stacjach pozamiejskich tła: dwóch tureckich i jednej w Bośni i Hercegowinie. Na 21 stacjach funkcjonujących w 6 krajach (w Bośni i Hercegowinie, Czechach, Hiszpanii, Włoszech, Turcji i w Polsce na stacji Godów) wystąpiło również przekroczenie dobowej wartości dopuszczalnej. Analizy zmian stężeń średnich rocznych w krajach europejskich w ostatniej dekadzie 2010-2020 potwierdzają generalne spadki stężeń pyłu PM₁₀. Najbardziej istotne spadki obserwuje się w przypadku Francji, Węgier, Holandii i Szwajcarii. W przypadku Polski, obserwowany jest istotny statystycznie trend malejący, na zbliżonym poziomie jak dla Belgii i Włoch.

W latach 2010-2021 na żadnej stacji w Polsce nie zanotowano przekroczeń wartości normowanych dla metali ciężkich (poziomu dopuszczalnego ustanowionego dla Pb i poziomów docelowych dla As, Cd i Ni). Stężenia średnie roczne wyniosły kilka procent poziomu docelowego/dopuszczalnego z wyjątkiem arsenu w Osieczowie (29% procent poziomu docelowego) i w Godowie (15% poziomu docelowego). W niemal wszystkich przypadkach (poza stężeniem niklu w Osieczowie i Zielonce) odnotowano spadki stężeń metali ciężkich (odnosząc wartość z roku 2021 w stosunku do średniej z wielolecia). W stosunku do wartości z roku 2020 notowano przeważnie wzrosty (poza Ni w Godowie, Cd w Godowie, Puszczy Boreckiej i Osieczowie oraz Pb w Godowie).

Porównanie dla 2020 roku wyników stężeń średnich rocznych metali ciężkich oznaczanych w pyłe PM₁₀ w Europie na obszarach tła pozamiejskiego pokazuje, że stężenie w Polsce znajdowało się wśród wartości najwyższych. W przypadku Ni, wyższe niż w Polsce stężenia zaobserwowano dla Włoch i Bułgarii, dla As - tylko dla Czech, Cd - dla Irlandii, Czech i Włoch. W przypadku stężeń Pb w wartość dla Polski była najwyższa w Europie. Analiza trendów stężeń średnich rocznych metali ciężkich w poszczególnych krajach Europy w ostatniej dekadzie, tj. w okresie 2010-2020 pokazuje generalne tendencje spadkowe. W przypadku Ni wyjątek stanowią 3 kraje: Bułgaria, Szwajcaria i Polska, dla których obserwuje się nieistotne statystycznie wzrosty. W przypadku As dla 7 krajów obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, najbardziej zaznaczone dla Belgii i Polski. Podobnie jest w przypadku Cd i Pb, gdzie dla 8 krajów odnotowano istotne statystycznie trendy malejące, w tym najbardziej wyraźnie zarysowane dla obu metali w przypadku Polski.

Przeprowadzona analiza WWA zawartych w pyłe PM₁₀ pokazuje, że w roku 2018 i w latach poprzednich stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu były wyższe niż poziom docelowy na dwóch stacjach: w Godowie i w Osieczowie. W latach 2019 i 2020 przekroczenie stwierdzono tylko dla stacji w Godowie, a w 2021 znowu w Godowie i Osieczowie. W okresie 2010-2021 średnie roczne stężenia WWA na poszczególnych stacjach wykazują tendencje spadkowe, co wykazała analiza trendów.

Uzyskane wyniki w 2020 roku dla wszystkich poddanych analizie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oznaczanych w pyłe zawieszonym PM₁₀, tj. dla B(a)P, B(a)A, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P oraz D(a,h)A na stacjach tła pozamiejskiego w Europie wskazują na najwyższy poziom w Polsce. Podobnie jak w latach poprzednich, również w 2020 roku analiza uśrednionych w poszczególnych krajach europejskich rocznych stężeń WWA (B(a)P,

B(a)A, B(b)F, B(j)F, B(k)F, I(1,2,3-cd)P oraz D(a,h)A) oznaczanych w pyłe PM₁₀ na obszarach pozamiejskich tła, wskazuje na wysokie poziomy w Polsce. Dla wszystkich analizowanych WWA (z wyjątkiem D(a,h)A, gdzie wyższą wartość uzyskano dla Węgier), stężenia średnia roczne w Polsce były najwyższe wśród krajów europejskich. Analiza zmian stężeń średnich rocznych WWA zawartych w pyłe PM₁₀ w poszczególnych krajach europejskich w ostatniej dekadzie 2010-2020 wskazuje generalnie tendencje spadkowe. Wyjątek stanowi Polska i Wielkiej Brytanii dla B(a)P, dla których zaobserwowano nieistotne statystycznie tendencje rosnące. Istotne statystycznie trendy malejące dla Polski zaobserwowano w przypadku B(a)A, B(b)F i B(k)F oraz I(1,2,3-cd)P. Dla pozostałych WWA, tj., B(j)F i D(a,h)A dla Polski obserwowane są nieistotne statystycznie tendencje malejące.

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

W roku 2021 na żadnej stacji nie zanotowano przekroczenia stężenia średniego rocznego pyłu PM_{2,5} w stosunku do poziomu docelowego z roku 2010 i dopuszczalnego w roku 2015 i 2020, nie brano pod uwagę stacji w Godowie ze względu na zbyt małą kompletność serii. Na tej stacji we wcześniejszych latach notowano przekroczenia wartości normatywnych. Na wszystkich stacjach odnotowano wzrosty stężenia średniego rocznego pyłu PM_{2,5} w stosunku do poprzedniego roku, ale spadki w stosunku do wartości średnich z lat 2010-2020. Dla wszystkich stacji stwierdzono istotny statystycznie trend malejący stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

Podobnie jak w przypadku pyłu PM₁₀, stężenie średnie roczne pyłu PM_{2,5} na obszarach pozamiejskich tła w 2020 roku dla Polski, było jednym z wyższych w Europie. Wśród 30 analizowanych krajów, wyższe wartości niż w Polsce, uzyskano tylko dla Bośni i Hercegowiny, Turcji i Czech. Przekroczenie rocznej wartości poziomu dopuszczalnego wynoszącego 20 µg/m³ wystąpiło na 9 z 261 analizowanych stacji – 4 włoskich, 2 tureckich i po 1 w Bośni i Hercegowinie, Czechach oraz w Polsce (w Godowie). Analiza trendów zmian stężeń średnich rocznych pyłu PM_{2,5} w poszczególnych krajach w ostatniej dekadzie 2010-2020 wskazuje na spadki. W przypadku aż 16 krajów, zaobserwowano istotne statystycznie trendy malejące, w tym dla Polski.

Głównym składnikiem kształtującym stężenie pyłu PM_{2,5} na wszystkich stacjach tła w Polsce jest węgiel organiczny. Wśród anionów oznaczanych w pyłe PM_{2,5} na dwóch stacjach na południu kraju (Osieczów i Żłoty Potok) dominował w 2021 roku jon siarczanowy, a na dwóch na północy (Zielonka i Puszcza Borecka) - jon azotanowy. Wśród oznaczanych kationów dominował jon amonowy, a najmniej było magnezowego. Zmiany stężeń większości składników oznaczanych w pyłe PM_{2,5} w roku 2021 w stosunku do 2020 wskazywały spadki dla metali na większości stacji, a wzrosty dla siarczanów, azotanów, jonu amonowego oraz węgla organicznego i elementarnego.

Uzyskane wyniki w krajach europejskich na obszarach pozamiejskich tła dla składników oznaczanych w pyłe PM_{2,5} wskazują Polskę jako kraj z wysokimi oraz średnimi stężeniami. W przypadku Ca²⁺ wyższe stężenia niż w Polsce zanotowano dla 2 krajów, dla Cl⁻ - 3, dla SO₄²⁻ i NO₃⁻ - 4, dla Mg²⁺ - 5, dla K⁺ i NH₄⁺ - 6 oraz dla Na⁺ - 8. W przypadku EC i OC stężenia dla Polski były najwyższe wśród krajów europejskich wykonujących te oznaczenia w pyłe PM_{2,5}. Analiza trendów stężeń średnich rocznych składników pyłu PM_{2,5} w ostatniej dekadzie 2010-2020 pokazuje, że w przypadku Polski obserwuje się istotne statystycznie trendy malejące, często najwyraźniej zarysowane wśród krajów europejskich (dotyczy to jonów SO₄²⁻, Mg²⁺ i K⁺, Na⁺

oraz NH_4^+). W przypadku jonów Cl^- i Ca^{2+} oraz EC zauważalne są nieistotne statystycznie tendencje spadkowe, zaś dla OC - nieistotna statystycznie tendencja rosnąca.

Udział pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w PM_{10}

W Polsce na stacjach tła regionalnego udział zawartości pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w pyłe PM_{10} w okresie 2010-2021 był wysoki i w ostatnim roku zawierał się w granicach od 55,3% w Zielonce do 72,6% w Osieczowie (przy pominięciu Godowa ze względu na niską kompletność serii dla pyłu $\text{PM}_{2,5}$; we wcześniejszych latach to na tej stacji był największy udział $\text{PM}_{2,5}$ w PM_{10}). Z biegiem czasu na wszystkich stacjach udział drobnej frakcji w stężeniu pyłu malał.

Wśród krajów europejskich, największy średni udział pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w PM_{10} obliczony na obszarach pozamiejskich tła w 2020 roku, zaobserwowano dla Estonii, Bośni i Hercegowiny oraz Słowenii (powyżej 75%), zaś najmniejszy dla Litwy i Portugalii (poniżej 40%). Wzrost udziału w ostatnich 2 latach zaobserwowano dla 7 krajów (największe kilkunastoprocentowe dla Szwecji i Węgier), w tym niewielki dla Polski (niecałe 3%). W pozostałych krajach zanotowano spadek wskaźnika udziału z roku na rok, najbardziej widoczny dotyczył Cypru, Danii i Austrii.

Depozycja

Wskaźniki depozycji arsenu i kadmu w roku 2021 w stosunku do średniej z lat 2010-2020 zmalały na wszystkich trzech stacjach, na których badana jest depozycja całkowita – Osieczów, Puszcza Borecka i Zielonka, a dla niklu spadek wskaźnika stwierdzono tylko w Puszczy Boreckiej.

Analiza wartości obliczonych wskaźników depozycji metali ciężkich w 2020 roku wskazuje na zróżnicowane poziomy na obszarach tła pozamiejskiego w Europie.

Uśredniony dobowy wskaźnik depozycji dla Ni i As na obszarach tła pozamiejskiego dla poszczególnych krajów europejskich w 2020 roku pokazuje, że w Polsce depozycja tego metalu była na nieco wyższym poziomie niż obliczona średnia dla Europy. Wyższe niż w Polsce wartości wskaźnika depozycji Ni uzyskano dla 3 krajów: Niemiec i Łotwy oraz Węgier, zaś dla As tylko dla Hiszpanii. Inaczej sytuacja dla Polski wyglądała w przypadku Cd, gdzie w Polsce średni wskaźnik depozycji był poniżej średniej europejskiej. Wyższą wartość dobowego wskaźnika depozycji Cd niż obliczoną dla Polski zaobserwowano dla połowy rozważanych krajów (Niemiec, Francji, Węgier, Łotwy, Danii i Litwy).

Analiza trendów wskaźników depozycji metali ciężkich dla krajów europejskich w ostatniej dekadzie, tj. w okresie 2010-2020 pokazuje generalne tendencje spadkowe. Wyjątek stanowi Polska w przypadku Ni z istotnym statystycznie trendem rosnącym oraz Finlandia z wyraźnie zarysowaną tendencją rosnącą. W przypadku depozycji As, analiza tendencji zmian w okresie 2010-2020 wskazuje na spadki w Europie z wyjątkiem Wielkiej Brytanii. W przypadku Polski dla depozycji As, obserwuje się nieistotną statystycznie, ale wyraźnie zaznaczoną tendencję spadkową. Wśród analizowanych metali ciężkich, najwyraźniej zaznaczone są pozytywne trendy malejące krajowych wskaźników depozycji Cd. W przypadku Polski obserwuje się nieistotną statystycznie tendencję spadkową.

W 2021 roku odnotowano zbliżone wskaźniki depozycji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na stacjach Osieczów i Puszcza Borecka, a znacząco niższe na stacji w Zielonce. W okresie 2010-2021 odnotowano tendencję wzrostową zarówno w Osieczowie, jak i w Zielonce, a spadkową w Puszczy Boreckiej.

Wartości wskaźników depozycji w 2020 roku dla obszarów tła pozamiejskiego wśród krajów europejskich pokazują, że w przypadku Polski depozycja WWA charakteryzuje

się wysokimi poziomami w Europie dla wszystkich omawianych WWA z wyjątkiem D(a,h)A. W przypadku depozycji WWA, wyższe niż dla Polski wskaźniki depozycji zanotowano odpowiednio: dla Belgii, Łotwy i Słowenii w przypadku B(a)P, dla Belgii i Słowenii w przypadku B(a)A, dla Słowenii, Szwecji i Węgier w przypadku I(1,2,3-cd)P oraz dla Belgii, Słowenii, Danii i Portugalii w przypadku D(a,h)A. W przypadku B(b)F, B(j)F i B(k)F Polska i Niemcy były krajami z najwyższymi wartościami.

Analiza zmian wartości omawianych powyżej wskaźników depozycji WWA w ostatniej dekadzie (2010-2020) pokazuje bardzo zróżnicowany obraz w Europie. W przypadku depozycji B(a)P zaobserwowano istotny statystycznie trend rosnący w przypadku Węgier i Litwy oraz malejący dla Niemiec i Finlandii. W przypadku Polski i Słowenii widoczne są nieistotne statystycznie tendencje malejące. W przypadku depozycji B(a)A, istotny statystycznie trend malejący dotyczył tylko Niemiec. Dla Polski zaobserwowano nieistotną statystycznie tendencję rosnącą. W przypadku B(b)F w ostatniej dekadzie zaobserwowano nieistotną statystycznie tendencję spadkową dla Niemiec i rosnącą dla Polski, a w przypadku B(j)F i B(k)F - nieistotną statystycznie tendencję rosnącą dla Polski. Analiza zmian wskaźnika depozycji I(1,2,3-cd)P i D(a,h)A pokazuje, że istotny statystycznie trend malejący dotyczył Niemiec, zaś w przypadku Polski zaobserwowano nieistotną statystycznie tendencję rosnącą dla I(1,2,3-cd)P i malejącą dla D(a,h)A.

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 2020 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2021.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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
12. 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
13. 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
14. 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

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 2016. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2017
16. 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
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 2014. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa, 2015
18. 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.
19. 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.
20. 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

21. Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2020. Raport syntetyczny. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy; Warszawa, 2022
22. Ochrona środowiska 2021. Informacje i opracowania statystyczne. GUS 2021.

Przepisy prawne i wytyczne

23. 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.
24. 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).
25. 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).
26. 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)
27. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2010-2012. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2009. Warszawa.
28. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2013-2015. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, 2012, Warszawa.
29. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2016-2020. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, 2015, Warszawa.

30. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2020. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020
31. Wykonawczy program Państwowego Monitoringu Środowiska na rok 2021. Monitoring jakości powietrza. GIOŚ, 2020
32. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. Dz. U. z 2012, poz. 2031)
33. Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2021 r. poz. 845)
34. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012, poz. 1032)
35. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2018, poz. 1119)
36. 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)
37. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2020 poz. 1219, z późn. zm.)

Bazy danych

38. Bank danych pomiarowych GIOŚ.
39. Dane publiczne IMGW-PIB.
40. AirBase - The European air quality database.
41. Air Quality e-Reporting (AQ e-Reporting).
42. CAMS <https://atmosphere.copernicus.eu/>

Publikacje metodyczne

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