



GŁÓWNY INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA

**WSKAŹNIKI ŚREDNIEGO NARAŻENIA NA PYŁ ZAWIESZONY PM_{2,5}
DLA MIAST POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW I AGLOMERACJI
ORAZ KRAJOWY WSKAŹNIK ŚREDNIEGO NARAŻENIA W 2024 ROKU**

Warszawa, 2025 r.

Opracowano w Departamencie Monitoringu Środowiska Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska na podstawie wyników pomiarów i ocen jakości powietrza prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ).

Spis treści

1. Wprowadzenie.....	4
2. Sposób obliczenia wskaźnika średniego narażenia	4
3. Sposób prowadzenia pomiarów pyłu zawieszonego PM _{2,5} na potrzeby obliczania wskaźników średniego narażenia	7
4. Wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM _{2,5} – dane wejściowe do obliczenia wskaźników średniego narażenia	9
5. Analiza zmian wartości wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM _{2,5} ..	12
6. Czynniki mające wpływ na stężenia pyłu zawieszonego PM _{2,5}	19
7. Wnioski końcowe.....	25
8. Akty prawne i dane źródłowe wykorzystane w opracowaniu	25

1. Wprowadzenie

Na poziomie UE, w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str.1), dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} oprócz poziomu dopuszczalnego zostały określone dodatkowe normy: pułap stężenia ekspozycji i krajowy cel redukcji narażenia (Tabela 1). Normy te odnoszą się do obszarów tła miejskiego, miast powyżej 100 tysięcy mieszkańców i aglomeracji.

Definicje ww. norm są zawarte w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (t.j. Dz. U. 2025 poz. 647) i tak:

- **pułap stężenia ekspozycji** - to stężenie substancji w powietrzu wyznaczone na podstawie wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia, w celu ograniczenia szkodliwego wpływu danej substancji na zdrowie ludzi, które ma być osiągnięte w określonym terminie; pułap stężenia ekspozycji jest standardem jakości powietrza i został określony jedynie dla pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Pułap stężenia ekspozycji został transponowany do prawodawstwa krajowego rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2021 poz. 845);
- **krajowy cel redukcji narażenia** - to procentowe zmniejszenie krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku odniesienia, w celu ograniczenia szkodliwego wpływu danej substancji na zdrowie ludzi, które ma być osiągnięte w określonym terminie; cel ten został określony jedynie dla pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Krajowy cel redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} został określony rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2012 r. w sprawie krajowego celu redukcji narażenia (Dz. U. 2012 poz. 1030).

Tabela 1. Pułap stężenia ekspozycji i krajowy cel redukcji narażenia

Nazwa zanieczyszczenia	Okres uśredniania wyników pomiarów	Nazwa wartości normowanej	Wartość ³⁾ µg/m ³	Termin osiągnięcia
Pył zawieszony PM _{2,5}	trzy lata kalendarzowe ²⁾	pułap stężenia ekspozycji	20 ¹⁾	2015
	trzy lata kalendarzowe ²⁾	krajowy cel redukcji narażenia	18 ¹⁾	2020

¹⁾ Stężenie pyłu o średnicy aerodynamicznej ziaren do 2,5 µm (PM_{2,5}) mierzone metodą wagową z separacją frakcji.

²⁾ Trzyletnia średnia krocząca uśredniona ze wszystkich punktów pomiarowych prowadzących pomiary wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5}.

³⁾ Poziomy dla pyłu zawieszonego w powietrzu ustala się w warunkach rzeczywistych.

2. Sposób obliczenia wskaźnika średniego narażenia

Podstawę obliczeń wskaźnika średniego narażenia dla roku 2024 stanowiły stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} uzyskane z pomiarów jakości powietrza prowadzonych w latach 2022, 2023 i 2024, na stacjach funkcjonujących w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 14 listopada 2022 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji (Dz. U. z 2022 r. poz. 2430), wskaźnik średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} oblicza się dla miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy i aglomeracji o liczbie mieszkańców większej niż 250 tysięcy¹.

Listę miast i aglomeracji, dla których obliczono dla roku 2024 wskaźnik średniego narażenia, wraz z kodami stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystano przy obliczaniu wskaźników, podano w tabeli 2.

Tabela 2. Stanowiska pomiarowe stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5}, z których dane wykorzystano do obliczenia wskaźników dla miast i aglomeracji oraz do obliczania krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2024 [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Kod stacji
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob
	miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydFieldor*
	miasto Toruń	KpToruDziewu
	miasto Włocławek	KpWloclGniaz
lubelskie	aglomeracja lubelska	LbLubSliwins
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	LuGorzPilsud
	miasto Zielona Góra	LuZielKrotka
łódzkie	aglomeracja łódzka	LdLodzCzerni
małopolskie	aglomeracja krakowska	MpKrakOsPias MpKrakBujaka**
	miasto Tarnów	MpTarBitStud
mazowieckie	aglomeracja warszawska	MzWarTolstoj MzWarKondrat***
	aglomeracja warszawska	MzWarWokalna
	miasto Płock	MzPlocKroJad
	miasto Radom	MzRadHallera
opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr****
podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta
podlaskie	aglomeracja białostocka	PdBialWarsza
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	PmGdaPowWiel
śląskie	aglomeracja górnośląska	SlGliwicMewy
	aglomeracja górnośląska	SlKatoKossut*****
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SlZorySikor2

¹ Zgodnie z art. 84 a. ustawy Poś, należy roznieć, że liczby te zostały ustalone zgodnie z danymi statystycznymi na koniec roku poprzedniego

	miasto Bielsko-Biała	SlBielSterni
	miasto Częstochowa	SlCzestoZana *****
świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkini
	miasto Elbląg	WmElbBazynski
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow WpPoznSzwajc *****
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndrze
	miasto Koszalin	ZpKoszSpasow

* KpBydFieldor od 01.01.2022 r. nastąpiła zmiana kodu stacji

** W roku 2022 pomiary były wykonywane na stacji o kodzie MpKrakOsPias, ze względu na modernizację trasy łagiewnickiej, znajdującej się w rejonie stacji o kodzie MpKrakBujaka. W latach 2023 i 2024 pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} były ponownie wykonywane na stacji o kodzie MpKrakBujaka.

*** W latach 2022 i 2023 pomiary były wykonywane na stacji o kodzie MzWarTolstoj, ze względu na prowadzone prace budowlane (rozbudowę szpitala) w okolicy stacji MzWarKondrat. Prace budowlane zakończyły się w roku 2023. W roku 2024 pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} przeniesiono z powrotem na stację o kodzie MzWarKondrat.

**** Ze względu na konieczność zmiany przyłącza na stacji w Opolu na os. Armii Krajowej (OpOpoleOsAKr) na okres od 04.08.2021 r. do 20.06.2022 r. stanowisko pomiarowe dla wskaźnika średniego narażenia zostało przeniesione do lokalizacji przy ul. Koszyka (OpOpoleKoszy - również strefa miasto Opole). Seria pomiarowa pyłu zawieszonego PM_{2,5} za rok 2022 była łączona i została przypisana do stacji o kodzie OpOpoleOsAKr.

***** Ze względu na niską kompletność serii pomiarów manualnych pyłu zawieszonego PM_{2,5} w roku 2022, do obliczeń wykorzystano wyniki prowadzonych równolegle automatycznych pomiarów pyłu zawieszonego PM_{2,5}.

***** Ze względu na niską kompletność serii pomiarów pyłu zawieszonego PM_{2,5} za rok 2024, przy obliczeniu wskaźnika średniego narażenia zastosowano metodę obiektywnego szacowania i uzupełniono brakujące wyniki danymi ze stacji o kodzie SlKatoKossut, funkcjonującej w zbliżonych warunkach.

***** W roku 2022 pomiary były wykonywane na stacji o kodzie WpPoznDabrow. W latach 2023 i 2024 pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} były wykonywane na stacji o kodzie WpPoznSzwajc.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji, wskaźnik średniego narażenia WM₂₀₂₄ dla miasta i aglomeracji obliczono zgodnie ze wzorem:

$$WM_{2024} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n_{2022}} Sa_{i2022}}{n_{2022}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2023}} Sa_{i2023}}{n_{2023}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2024}} Sa_{i2024}}{n_{2024}} \right\}$$

gdzie:

- WM₂₀₂₄ – wskaźnik średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej od 100 tysięcy i aglomeracji, dla roku 2024;
- Sa_{i 2022}, Sa_{i 2023}, Sa_{i 2024} – średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} na i-tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2022, 2023 i 2024;
- n₂₀₂₂, n₂₀₂₃, n₂₀₂₄ – liczba stanowisk pomiarowych, z których wyniki pomiarów uwzględniono w obliczeniu wskaźnika średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej od 100 tysięcy lub aglomeracji, odpowiednio w latach 2022, 2023 i 2024.

Krajowy wskaźnik średniego narażenia WK₂₀₂₄ dla roku 2024 obliczono zgodnie ze wzorem:

$$WK_{2024} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{p_{2022}} Sa_{i2022}}{p_{2022}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2023}} Sa_{i2023}}{p_{2023}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2024}} Sa_{i2024}}{p_{2024}} \right\}$$

gdzie:

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| WK_{2024} | – | krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2024; |
| $Sa_{i2022}, Sa_{i2023}, Sa_{i2024}$ | – | średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM _{2,5} na <i>i</i> -tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2022, 2023 i 2024; |
| $p_{2022}, p_{2023}, p_{2024}$ | – | liczba stanowisk pomiarowych, z których wyniki pomiarów uwzględniono w obliczeniu krajowego wskaźnika średniego narażenia, odpowiednio w latach 2022, 2023 i 2024. |

3. Sposób prowadzenia pomiarów pyłu zawieszonego PM_{2,5} na potrzeby obliczania wskaźników średniego narażenia

Dyrektywa 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy wprowadzając pojęcie wskaźnika średniego narażenia, definiuje go, jako średni poziom substancji w powietrzu określony na podstawie pomiarów przeprowadzonych w obszarze tła miejskiego, odzwierciedlający narażenie ludności na działanie zanieczyszczeń.

Transponując przepisy ww. dyrektywy do prawodawstwa polskiego zdefiniowano zarówno krajowy wskaźnik średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5}, jak i wskaźnik średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy i aglomeracji.

Celem takiego podziału jest zwiększenie efektywności działań zmierzających do osiągnięcia krajowego celu redukcji narażenia oraz pułapu stężenia ekspozycji, nie tylko na poziomie kraju, ale również lokalnym (w aglomeracjach i miastach powyżej 100 tysięcy mieszkańców).

Monitoring pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla potrzeb obliczania wskaźników średniego narażenia jest prowadzony w Polsce od 2010 roku na obszarach tła miejskiego. W aglomeracji warszawskiej i aglomeracji górnośląskiej pomiary są prowadzone na dwóch stanowiskach pomiarowych, w pozostałych aglomeracjach i miastach powyżej 100 tysięcy mieszkańców pomiary są prowadzone na jednym stanowisku pomiarowym (Rysunek 1).

Dla potrzeb obliczania wskaźników średniego narażenia dla miast i aglomeracji oraz krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2024 wykorzystano 30 stanowisk.



Rysunek 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych, w których prowadzono pomiary stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na potrzeby obliczenia krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2024 r. [źródło: GIOŚ]

Pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} służące do obliczania wskaźników średniego narażenia - zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz. U. 2024 poz. 425) - wykonuje Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Pomiary prowadzone są metodą manualną, za pomocą poborników niskoprzepływowch (LVS). Metoda ta jest zgodna z normą PN-EN 12341:2024-01 „Powietrze atmosferyczne - Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa oznaczania stężeń masowych frakcji PM₁₀ lub PM_{2,5} pyłu zawieszonego” i jest metodą referencyjną. Wyjątkiem był pomiar pyłu zawieszonego PM_{2,5} prowadzony w roku 2022 na stacji w Katowicach (SIKatoKossut), gdzie ze względu na niską kompletność serii pomiarów manualnych pyłu zawieszonego PM_{2,5} do obliczeń wykorzystano prowadzoną równolegle serię pomiarów automatycznych. Pomiary automatyczne wykorzystane do obliczeń posiadają wykazaną równoważność do pomiarów referencyjnych prowadzonych metodą manualną.

Stanowiska pomiarowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} służące do obliczania wskaźników średniego narażenia są jednocześnie wykorzystywane w systemie rocznych ocen jakości powietrza.

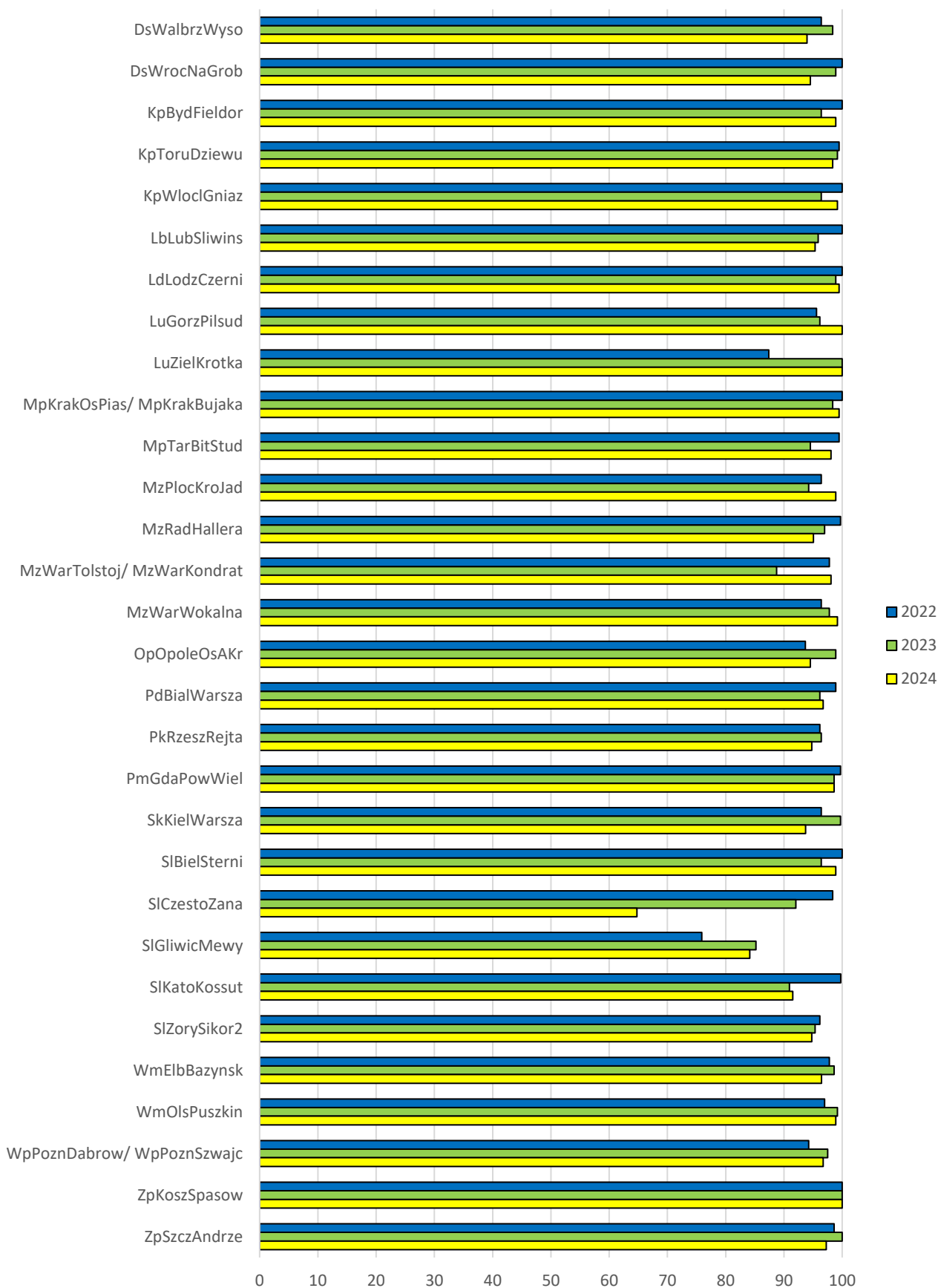
4. Wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} – dane wejściowe do obliczenia wskaźników średniego narażenia

Roczne serie pomiarowe stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z 2024 roku, wykorzystane do obliczenia wskaźnika średniego narażenia, podlegały dwustopniowej kontroli. Pierwszym stopniem była weryfikacja danych na poziomie poszczególnych województw. Drugim etapem było przeprowadzenie przeglądu wyników na poziomie krajowym. Serie pomiarowe z lat 2022 i 2023 zostały poddane kontroli dwustopniowej i zatwierdzeniu w latach poprzednich.

W roku 2024 28 serii pomiarowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5}, uwzględnionych przy obliczaniu wskaźnika średniego narażenia, spełniało wymagania dotyczące kompletności danych określone w Wytycznych Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE (kompletność serii $\geq 85\%$). W roku 2022 stanowisko pomiarowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} w Gliwicach o kodzie SIGliwicMewy (aglomeracja górnośląska) miało kompletność 76%, jednak ze względu na równomierny stopień pokrycia pomiarami całego roku, wykorzystano dane z tego stanowiska w rocznej ocenie jakości powietrza i do wyliczenia wskaźnika średniego narażenia. Również w 2022 roku, ze względu na niską kompletność serii pomiarów manualnych pyłu zawieszonego PM_{2,5} (ok. 43%) na stanowisku w Katowicach o kodzie SIKatoKossut (aglomeracja górnośląska), do obliczeń wykorzystano prowadzoną równolegle serię pomiarów automatycznych. W 2024 roku, na potrzeby rocznej oceny jakości powietrza, dla kryterium ochrona zdrowia ludzi, w celu określenia poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla stacji pomiarowej przy ul. Zana w strefie miasto Częstochowa, ze względu na niską kompletność pomiarów wynoszącą 65%, zastosowano metodę obiektywnego szacowania polegającą na uzupełnieniu brakujących wyników z miesięcy letnich danymi ze stacji funkcjonującej w zbliżonych warunkach (stacja w Katowicach przy ul. Kossutha). Stacja ta wykazywała znaczne podobieństwo przebiegów serii pomiarowych w pozostałym okresie roku. Stanowisko SICzestoZana zostało wykorzystane w rocznej ocenie jakości powietrza i do obliczenia wskaźnika średniego narażenia, a jego kompletność po szacowaniu wyniosła 91%. W 2024 roku również seria pomiarowa ze stanowiska w Gliwicach (SIGliwicMewy) miała kompletność nieznacznie niższą od wymaganej (84 %) – seria ta została wykorzystana w rocznej ocenie jakości powietrza i do obliczenia wskaźnika średniego narażenia.

Zestawienie kompletności serii pomiarowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z lat 2022-2024, wykorzystanych do obliczania wskaźnika średniego narażenia, przedstawiono na Rysunku 2.

Na podstawie średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych stanowisk pomiarowych dla lat 2022, 2023, 2024 obliczono wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2024 roku (Tabela 3).



Rysunek 2. Kompletność serii pomiarowych [%] stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z lat 2022 - 2024, wykorzystanych do obliczania wskaźników średniego narażenia [źródło: GIOŚ]

Tabela 3. Wartości średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w latach 2022-2024 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]; wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2024 roku [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Kod stacji	Stężenie średnie roczne w 2022	Stężenie średnie roczne w 2023	Stężenie średnie roczne w 2024	Stężenie średnie roczne uśrednione dla lat 2022-2024	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla 2024 r.
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob	15,7	14,2	14,7	14,9	15
	miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso	17,4	13,9	13,8	15,0	15
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydFieldor	13,4	12,5	12,7	12,9	13
	miasto Toruń	KpToruDziewu	14,1	12,7	12,8	13,2	13
	miasto Włocławek	KpWlocGniaz	16,2	15,6	14,7	15,5	16
lubelskie	aglomeracja lubelska	LbLubSliwins	13,8	11,5	13,1	12,8	13
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	LuGorzPilsud	13,8	12,8	14,2	13,6	14
	miasto Zielona Góra	LuZielKrotka	9,5	10,7	14,0	11,4	11
łódzkie	aglomeracja łódzka	LdLodzCzerni	15,9	13,1	12,2	13,7	14
małopolskie	aglomeracja krakowska	MpKrakOsPias/ MpKrakBujaka	19,5	15,3	16,6	17,1	17
	miasto Tarnów	MpTarBitStud	17,4	14,6	16,0	16,0	16
mazowieckie	aglomeracja warszawska	MzWarTolstoj/ MzWarKondrat	15,1	13,9	13,7	14,2	14
	aglomeracja warszawska	MzWarWokalna	13,3	12,4	12,8	12,8	
	miasto Płock	MzPlocKroJad	15,9	14,3	15,4	15,2	15
	miasto Radom	MzRadHallera	17,9	16,3	17,3	17,2	17
opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr	16,3	14,5	15,4	15,4	15
podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta	15,2	12,2	14,6	14,0	14
podlaskie	aglomeracja białostocka	PdBialWarsza	13,7	11,2	11,1	12,0	12
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	PmGdaPowWiel	11,9	10,1	11,4	11,1	11
śląskie	aglomeracja górnośląska	SlGliwicMewy	19,8	17,8	21,2	19,6	19
	aglomeracja górnośląska	SlKatoKossut	19,6	16,5	16,3	17,5	
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SlZorySikor2	21,8	19,1	20,1	20,3	20

	miasto Bielsko-Biała	SlBielSterni	17,9	15,5	15,7	16,4	16
	miasto Częstochowa	SlCzestoZana	21,9	19,2	21,1	20,7	21
świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza	16,1	14,7	15,4	15,4	15
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkina	12,8	12,1	14,7	13,2	13
	miasto Elbląg	WmElbBazynsk	13,1	11,4	13,3	12,6	13
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow/WpPoznSzwajc	17,7	14,9	14,9	15,8	16
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndrze	11,5	10,5	11,9	11,3	11
	miasto Koszalin	ZpKoszSpasow	10,5	11,2	9,7	10,5	11
Średnia dla kraju			15,6	13,8	14,7	14,7	15

*Kolorem czerwonym zaznaczono miasta i aglomeracje, w których, w 2024 r., wartość wskaźnika średniego narażenia przekracza pułap stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), kolorem pomarańczowym zaznaczono miasta i aglomeracje, w których, w 2024 r., wartość wskaźnika średniego narażenia przekracza krajowy cel redukcji narażenia ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2024 roku wynosi **15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

5. Analiza zmian wartości wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5}

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2024 roku wynosi **15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Wartość ta jest o **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** mniejsza od wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia dla lat 2023 i 2022. W porównaniu z wartością wskaźnika w roku 2021 ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$), wartość ta jest mniejsza o **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Rok 2024 jest czwartym, kolejnym rokiem, kiedy wskaźnik średniego narażenia nie przekroczył krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$), który należało osiągnąć do roku 2020. Ponadto, wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2024 roku jest o 25% mniejsza od pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), będącego w tym względzie standardem jakości powietrza, który należy dotrzymywać od roku 2015.

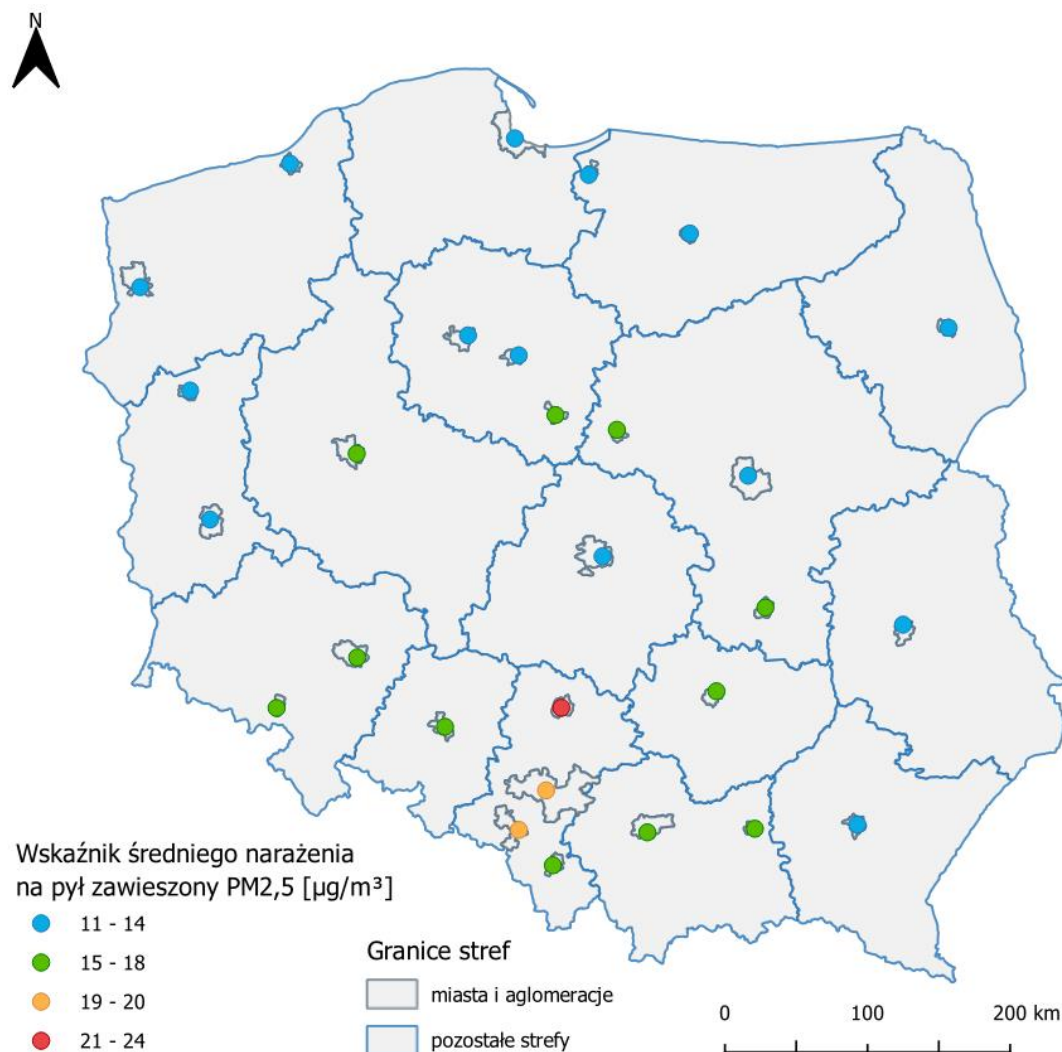
Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy dla roku 2024 zestawiono w Tabeli 4, w której również wskazano tendencje zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2023.

Tabela 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tys. dla 2024 r. [źródło: GIOŚ]

Województwo	Strefa	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla roku 2024 [µg/m ³]	Tendencja zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2023
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	15	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Wałbrzych	15	spadek o 1 µg/m ³
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	13	brak zmian
	miasto Toruń	13	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Włocławek	16	spadek o 1 µg/m ³
lubelskie	aglomeracja lubelska	13	spadek o 1 µg/m ³
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	14	brak zmian
	miasto Zielona Góra	11	brak zmian
łódzkie	aglomeracja łódzka	14	spadek o 2 µg/m ³
małopolskie	aglomeracja krakowska	17	spadek o 3 µg/m ³
	miasto Tarnów	16	spadek o 2 µg/m ³
mazowieckie	aglomeracja warszawska	14	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Płock	15	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Radom	17	spadek o 1 µg/m ³
opolskie	miasto Opole	15	spadek o 2 µg/m ³
podkarpackie	miasto Rzeszów	14	spadek o 1 µg/m ³
podlaskie	aglomeracja białostocka	12	spadek o 2 µg/m ³
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	11	spadek o 1 µg/m ³
śląskie	aglomeracja górnośląska	19	spadek o 1 µg/m ³
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	20	spadek o 2 µg/m ³
	miasto Bielsko-Biała	16	spadek o 2 µg/m ³
	miasto Częstochowa	21	brak zmian
świętokrzyskie	miasto Kielce	15	spadek o 1 µg/m ³
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	13	brak zmian
	miasto Elbląg	13	spadek o 1 µg/m ³
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	16	spadek o 1 µg/m ³
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	11	spadek o 1 µg/m ³
	miasto Koszalin	11	brak zmian

Najwyższe wartości wskaźników średniego narażenia w 2024 roku wystąpiły w południowej Polsce (Rysunek 3). W 22 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika w roku 2024 była niższa od wartości z roku 2023 (spadek od 1 do 3 µg/m³). W 6 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika nie zmieniła się względem roku 2023.

W 2024 roku, w 1 mieście wskaźnik średniego narażenia był wyższy od pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w 1 aglomeracji równy tej wartości, natomiast w pozostałych 26 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika była niższa od pułapu stężenia ekspozycji.

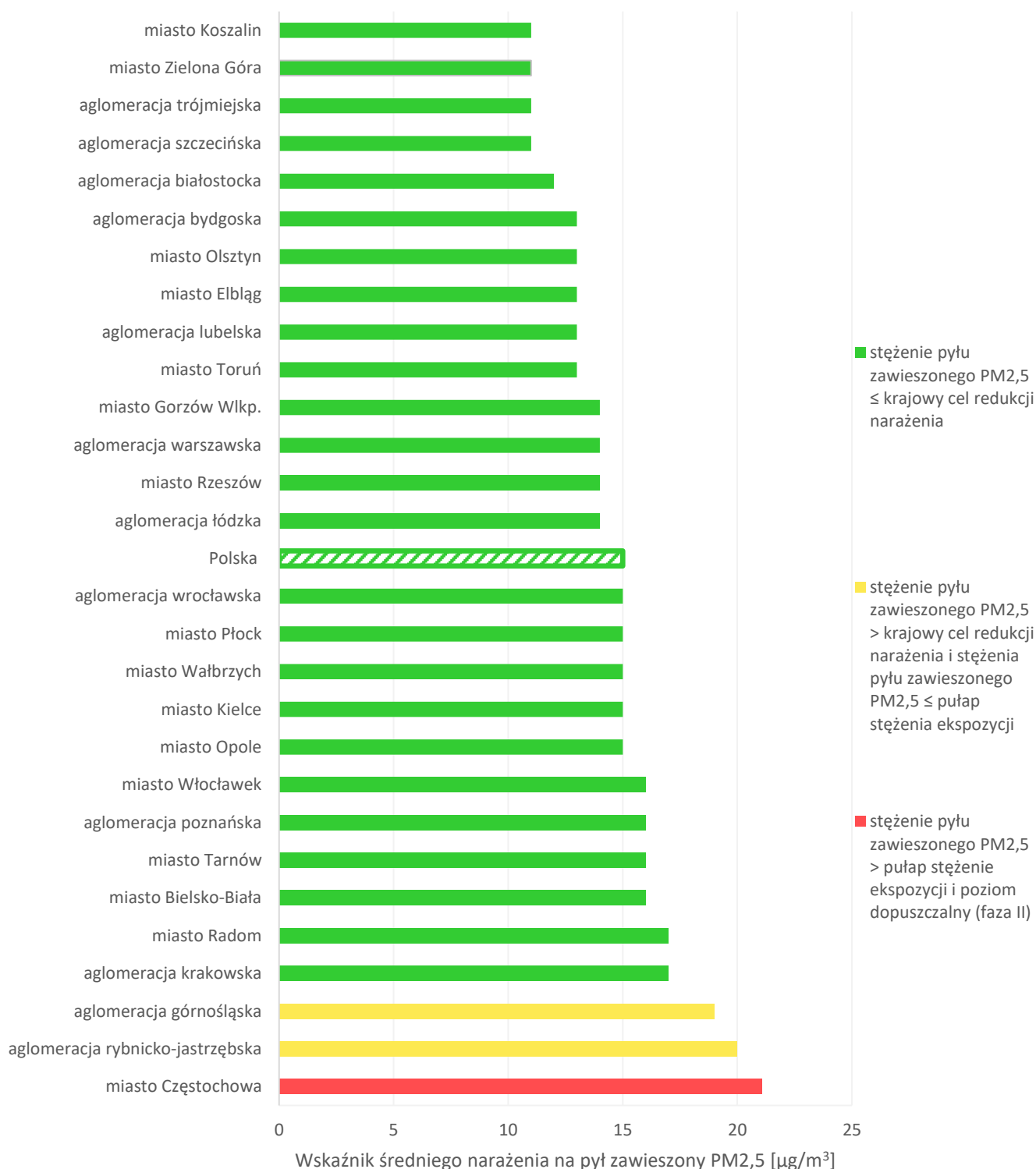


Rysunek 3. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2024 r. [źródło: GIOŚ]

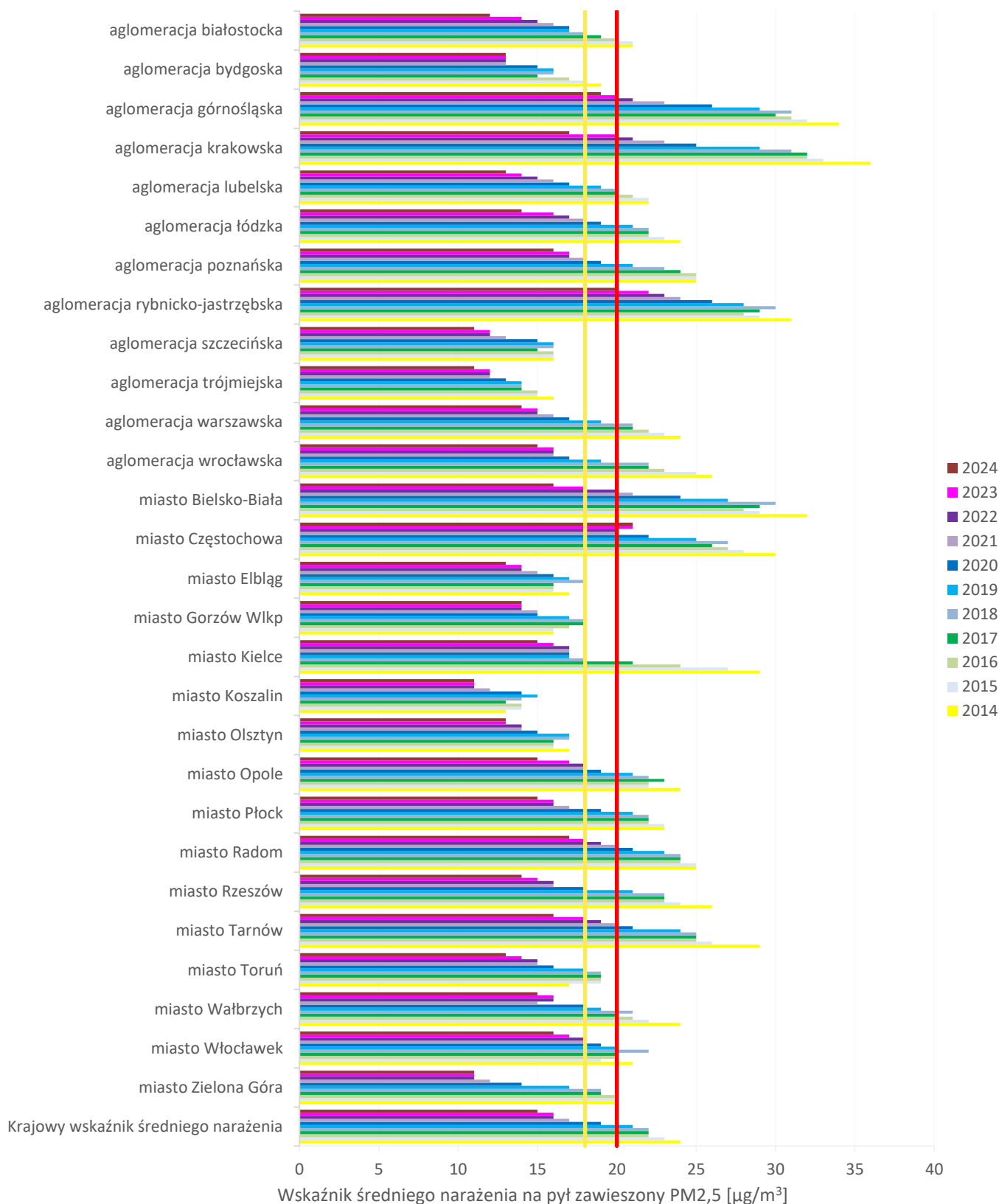
Najniższą wartość wskaźnika spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji uzyskano dla aglomeracji szczecińskiej - $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i trójmiejskiej - $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, oraz podobnie jak w roku 2023 dla miast Koszalin - $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Zielona Góra - $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rysunek 4). Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla miasta Częstochowa - $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej - $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na przestrzeni lat 2014-2024 (Rysunek 5) można zaobserwować, że w wielu miastach i aglomeracjach udało się uzyskać duże redukcje stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Szczególnie widoczne jest to w Bielsku-Białej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 roku, do $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2024), w aglomeracji górnośląskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 roku, do $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2024), w Kielcach (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 roku, do $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2024), w Tarnowie (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 roku, do $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2024), w Rzeszowie (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 roku, do $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku

2024). W aglomeracji krakowskiej osiągnięto bardzo wysoki poziom redukcji wskaźnika średniego narażenia, z 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 roku, do 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2024, czyli o 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, co pozwoliło na dotrzymanie krajowego celu redukcji narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Rysunek 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] dla 2024 r. (uszeregowane według wartości wskaźnika) [źródło: GIOŚ]



Rysunek 5. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla lat 2014-2024 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia – cel na 2020 r. dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji (linia żółta); (b) pułapu stężenia ekspozycji i poziomu dopuszczalnego od 2020 r. – cel na 2015 r. dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji oraz poziom dopuszczalny od 2020 r. – cel dla obszaru całego kraju (linia czerwona) [źródło: GIOŚ]

Pomimo podejmowanych działań naprawczych, sprzyjających rozpraszaniu zanieczyszczeń warunków meteorologicznych i wyraźnego spadku wartości wskaźników średniego narażenia, w mieście Częstochowa stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} wciąż przekraczają pułap stężenia ekspozycji, redukcja wskaźnika średniego narażenia wyniosła 9 µg/m³, z 30 µg/m³ w 2014 roku, do 21 µg/m³ w 2024 roku.

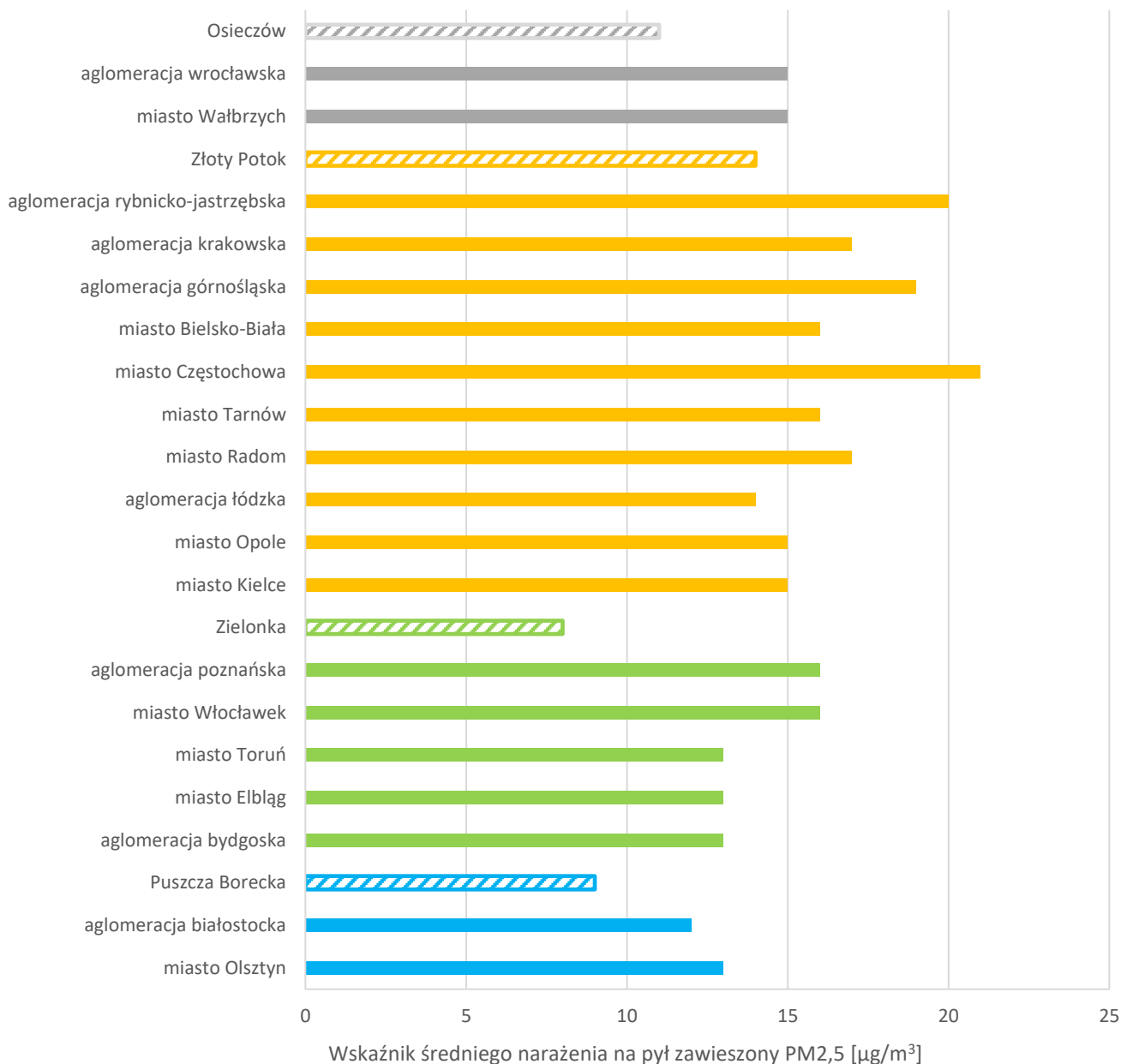
Istotne jest porównanie wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} obliczonych dla stanowisk tła regionalnego, w których prowadzone są pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5}: Puszcza Borecka (województwo warmińsko-mazurskie); Osieczów (województwo dolnośląskie); Złoty Potok (województwo śląskie); Zielonka (województwo kujawsko-pomorskie) ze wskaźnikami średniego narażenia dla dużych miast i aglomeracji położonych w odległości do 150 km od ww. stacji tła regionalnego, z których dane wykorzystano do obliczeń (Rysunek 6). Z porównania wyłączono miasta, dla których wybrane stacje tła regionalnego nie były reprezentatywne np. stacje znajdujące się nad morzem (Koszalin, aglomeracja trójmiejska).

Wartości wskaźnika średniego narażenia obliczone dla roku 2024 dla stacji w: Osieczowie, Zielonce, Złotym Potoku, Diablej Górze są niższe od pułapu stężenia ekspozycji i krajowego celu redukcji narażenia. Stacje w Osieczowie i w Złotym Potoku są reprezentatywne dla obszarów pozamiejskich południowej i południowo-zachodniej Polski. Wskaźnik średniego narażenia dla tych stacji wyniósł odpowiednio: w Osieczowie 11 µg/m³, w Złotym Potoku 14 µg/m³.

W Polsce północnej stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} są znacznie niższe. Wskaźnik dla roku 2024 dla stacji tam zlokalizowanych wyniósł odpowiednio: 8 µg/m³ w Zielonce, 9 µg/m³ w Puszczy Boreckiej. Relatywnie niskie stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na obszarach pozamiejskich północnej Polski ułatwiają dotrzymanie krajowego celu redukcji narażenia w miastach i aglomeracjach tam położonych.

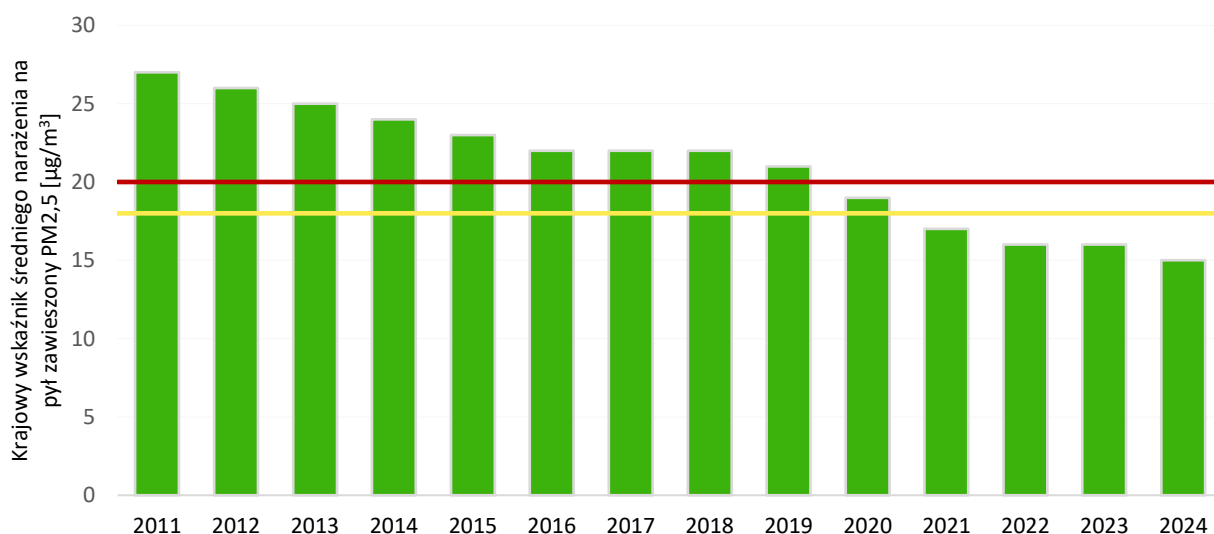
Z porównania obliczonych wskaźników średniego narażenia wynika, iż miasta i aglomeracje województwa śląskiego mają jeszcze potencjał do redukcji stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu. Jednak wymaga to działań na rzecz redukcji emisji nakierowanych przede wszystkim na zmniejszenie emisji ze źródeł komunalnych, prowadzonych nie tylko w dużych miastach, ale i na obszarach mniejszych miast, obszarach podmiejskich i pozamiejskich.

W roku 2024, w porównaniu z rokiem 2023, wskaźniki średniego narażenia obliczone dla stacji tła regionalnego Zielonka, Złoty Potok i Osieczów są niższe o 1 µg/m³ dla każdej z wymienionych stacji, wskaźnik średniego narażenia dla Puszczy Boreckiej pozostał bez zmian.



Rysunek 6. Porównanie wskaźników średniego narażenia dla wybranych dużych miast i aglomeracji ze wskaźnikami średniego narażenia obliczonymi dla wybranych obszarów pozamiejskich spełniających kryteria tła regionalnego dla roku 2024 [źródło: GIOŚ]

Wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia obliczone dla poszczególnych lat 2011-2024² wykazywały do roku 2016 trwały trend spadkowy. Od roku 2016 wskaźnik ten ustabilizował się na poziomie 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i taka sytuacja utrzymywała się do roku 2018. Rok 2019 był pierwszym rokiem po trzyletniej stagnacji, w którym zanotowano spadek krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} do wartości 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rysunek 7). W latach 2020-2022 nastąpił kolejny bardzo wyraźny spadek wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} do wartości wynoszącej 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. W roku 2023 wskaźnik utrzymał się na poziomie z roku 2022 - 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. W roku 2024 wskaźnik obniżył się do wartości 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, i jest to czwarty rok z rzędu, w którym na poziomie krajowym osiągnięty został zarówno pułap stężenia ekspozycji (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), jak i krajowy cel redukcji narażenia (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Rysunek 7. Krajowe wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} w latach 2011-2024 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia (linia żółta); (b) pułapu stężenia ekspozycji (linia czerwona) [źródło: GIOŚ]

6. Czynniki mające wpływ na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}

Na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu atmosferycznym mają wpływ zarówno emisje pyłu ze źródeł antropogenicznych i naturalnych (pył pierwotny), jak i procesy zachodzące w atmosferze pomiędzy zanieczyszczeniami gazowymi znajdującymi się w powietrzu, parą wodną i pyłem pierwotnym, prowadzące do powstawania pyłu wtórnego. Zanieczyszczeniami gazowymi przyczyniającymi się do tworzenia pyłu wtórnego są przede wszystkim: tlenki siarki, tlenki azotu, lotne związki organiczne i amoniak. Pył zawieszony PM_{2,5} i jego prekursorzy mogą być transportowane na dalekie odległości i tym samym emisje z odległych emitorów (oprócz emisji lokalnych) mogą mieć istotny wpływ

² Zgodnie z wcześniejszym rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji, wskaźniki dla 2011 r. obliczano na podstawie wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} z dwóch lat (2010 i 2011), a wskaźniki dla 2010 r. obliczano na podstawie wyników pomiarów z jednego roku (2010 r.). Dla pozostałych lat wskaźniki obliczano na podstawie wyników pomiarów z trzech lat.

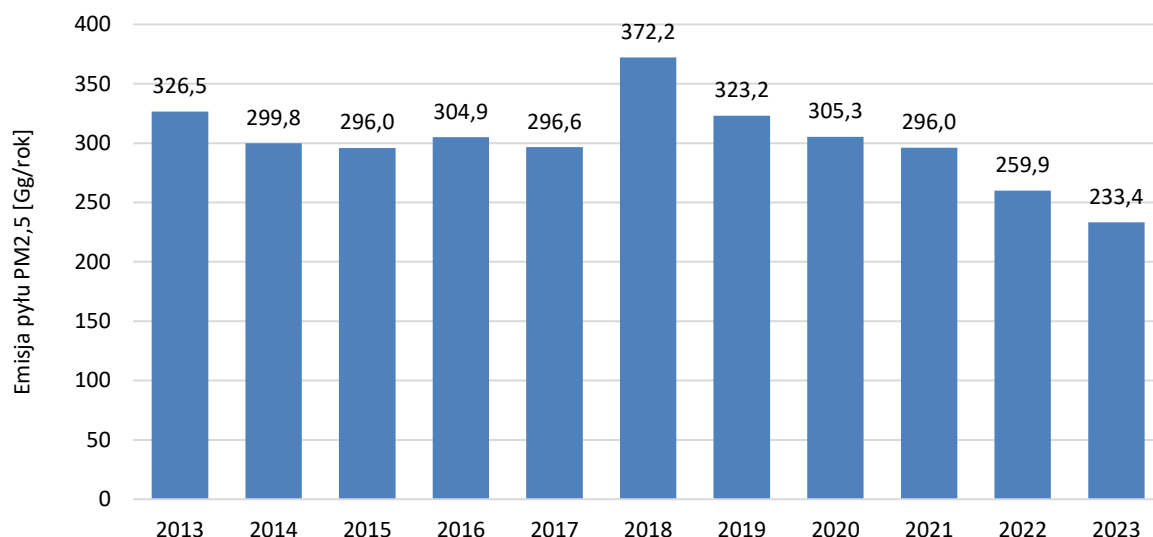
na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu w rejonach oddalonych od źródeł emisji.

Pył zawieszony PM_{2,5} znajdujący się w powietrzu w Polsce pochodzi przede wszystkim ze źródeł antropogenicznych. Udział pyłu ze źródeł naturalnych (wybuchy wulkanów, aerozol morski, pożary lasów i torfowisk niezwiązane z działalnością człowieka, unos pyłu z obszarów pustynnych i stepowych itp.) jest zwykle niewielki. W odniesieniu do napływów pyłu drobnego z obszarów suchych rok 2024 był wyjątkowy. W roku tym, w Polsce, odnotowano kilkanaście epizodów napływu pyłu drobnego z obszarów suchych, były to epizody bardzo zróżnicowane zarówno co do wysokości stężeń pyłu w napływających masach powietrza jak i zasięgu. Największy epizod podwyższonych stężeń pyłu zawieszonego spowodowany napływem mas powietrza znad Sahary wystąpił w dniach 30 marca - 2 kwietnia i objął obszar całego kraju. W tym czasie najwyższe stężenie średniodobowe pyłu zawieszonego PM_{2,5} wystąpiło w dniu 1 kwietnia w Żorach, w województwie śląskim i wyniosło 57,3 µg/m³.

Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} wykazują silną zmienność sezonową. Najwyższe stężenia notowane są w sezonie chłodnym, kiedy emisja pyłu PM_{2,5} z procesów spalania paliw poza przemysłem (głównie związana z ogrzewaniem budynków) jest znacząco wyższa niż w sezonie ciepłym. Dodatkowo, w sezonie chłodnym częściej niż latem występują warunki meteorologiczne niesprzyjające intensywnej dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu. W rezultacie stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w sezonie chłodnym są znacząco wyższe niż latem. Jednocześnie emisja części prekursorów pyłu zawieszonego do powietrza jest większa w okresie zimowym, ponieważ pochodzi głównie z procesów spalania paliw (dotyczy to tlenków siarki i tlenków azotu). W mniejszym stopniu do emisji prekursorów pyłu przyczynia się transport drogowy (tlenki azotu), rolnictwo (amoniak) oraz sektory związane ze stosowaniem rozpuszczalników i innych produktów (lotne związki organiczne).

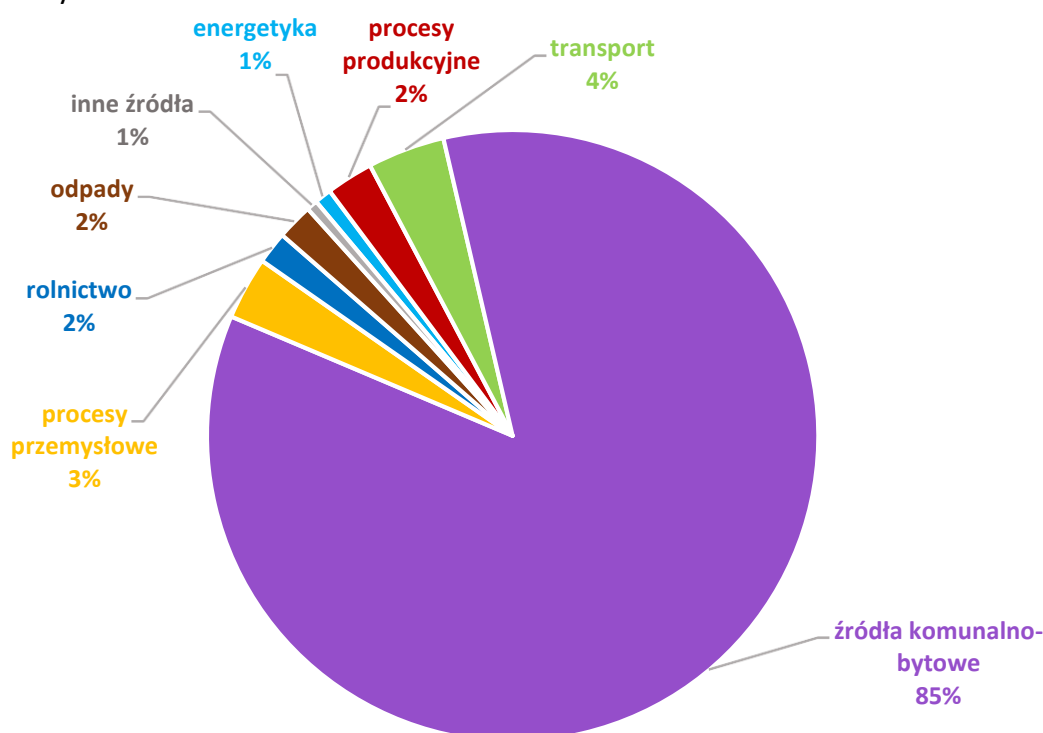
Podobnie jak w latach poprzednich, również w najnowszym opracowaniu pt.: „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2023 – Raport syntetyczny” wykonanym przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) w 2025 roku, do wyznaczenia emisji pyłów ze stacjonarnych źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym zastosowano wskaźniki, które uwzględniają zarówno frakcję filtrowaną, jak i kondensującą pyłów. W skład frakcji kondensującej pyłu zawieszonego wchodzi powstające w procesie spalania związki organiczne, które po schłodzeniu i rozcieńczeniu gazów spalinowych po opuszczeniu emitora mogą dalej ulegać kondensacji i tworzyć wraz z pyłem filtrowanym pierwotny aerozol atmosferyczny. Uwzględnianie frakcji kondensującej pyłów w rocznej inwentaryzacji emisji jest związane z rekomendacjami Unii Europejskiej.

Do głównych źródeł emisji pyłu PM_{2,5} zalicza się spalanie paliw, głównie węgla kamiennego i biomasy w gospodarstwach domowych. Emisja pyłu PM_{2,5} w latach 2013-2023 mieściła się w zakresie od 233 Gg/rok do 372 Gg/rok (Rysunek 8). Największa emisja pyłu PM_{2,5} w analizowanym okresie wystąpiła w 2018 roku i wyniosła wówczas 372 Gg/rok. Od 2019 roku zauważalny jest trend spadkowy emisji tego zanieczyszczenia. W 2023 roku emisja pyłu PM_{2,5} wyniosła 233 Gg/rok i była blisko o 40% niższa w porównaniu do 2018 roku, w którym osiągnęła najwyższą wartość.



Rysunek 8. Emisja pyłu PM_{2,5} dla Polski w latach 2013-2023 [źródło: KOBIZE, 2025]

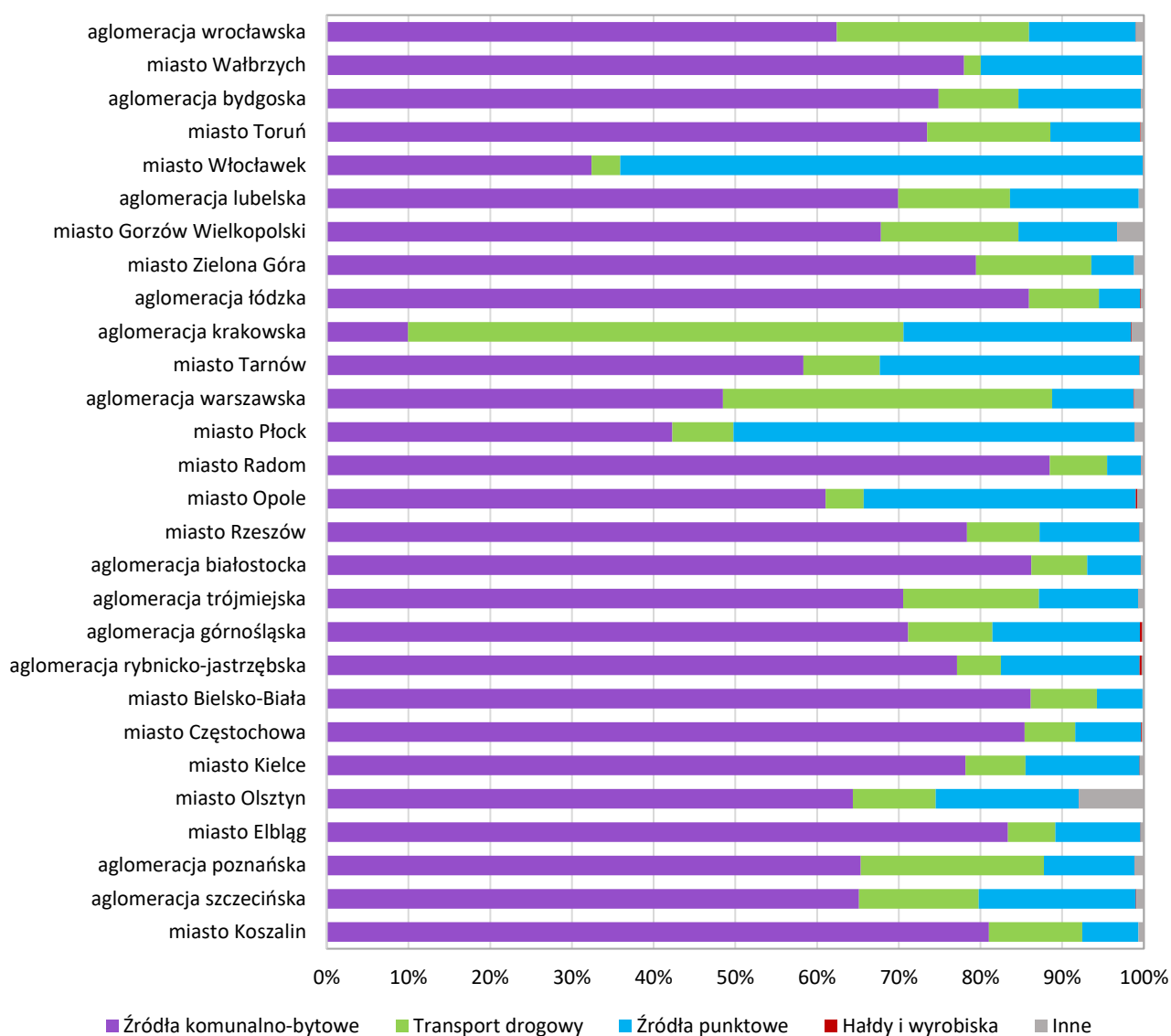
Jak już wcześniej wspomniano, w emisji pyłu PM_{2,5} największy udział mają procesy spalania paliw stałych poza przemysłem, głównie w sektorze komunalno-bytowym. Sektor ten jest odpowiedzialny za 85% całkowitego udziału w emisji pyłu PM_{2,5} (Rysunek 9). Do innych istotnych źródeł emisji antropogenicznej pyłu PM_{2,5} należy także transport (4%) i procesy przemysłowe (3%). Udział w krajowej emisji pyłu PM_{2,5} sektorów takich jak: procesy produkcyjne, rolnictwo, czy odpady stanowi 2%, natomiast z energetyki pochodzi jedynie 1% emisji tego zanieczyszczenia.



Rysunek 9. Udział poszczególnych sektorów w emisji pyłu PM_{2,5} w Polsce w 2023 r. [źródło: KOBIZE, 2025]

Największy udział w emisji całkowitej pyłu PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach mają źródła komunalno-bytowe (Rysunek 10). Emisja z tego sektora wynosi od 49% w

aglomeracji warszawskiej do 89% w Radomiu. Wyjątek stanowi aglomeracja krakowska, na obszarze której zrealizowane zostały działania naprawcze. Rezultatem zrealizowanych działań było bardzo istotne ograniczenia w emisji pyłu PM_{2,5} ze źródeł komunalno-bytowych na obszarze aglomeracji. W 2023 roku emisja pyłu PM_{2,5} z tego sektora stanowiła tam zaledwie 10% i był to tym samym najmniejszy udział źródeł komunalno-bytowych w całym kraju. Natomiast największy udział w całkowitej emisji pyłu PM_{2,5} z aglomeracji krakowskiej ma transport drogowy. W 2023 roku udział emisji tego zanieczyszczenia z transportu wyniósł 61% i był to jednocześnie największy udział w kraju. Udział transportu w emisji pyłu PM_{2,5} w pozostałych miastach mieścił się w zakresie od 2% w Wałbrzychu do 40% w Warszawie. Z kolei we Wrocławku, na obszarze którego funkcjonują duże zakłady przemysłu chemicznego, dominuje emisja ze źródeł punktowych - jej udział w całkowitej emisji pyłu PM_{2,5} w 2023 roku wyniósł 64%. Istotny udział źródeł punktowych w emisji tego zanieczyszczenia widoczny jest również w mieście Płock, gdzie zlokalizowany jest przemysł petrochemiczny (49% udziału tego sektora w całkowitej emisji pyłu PM_{2,5}).



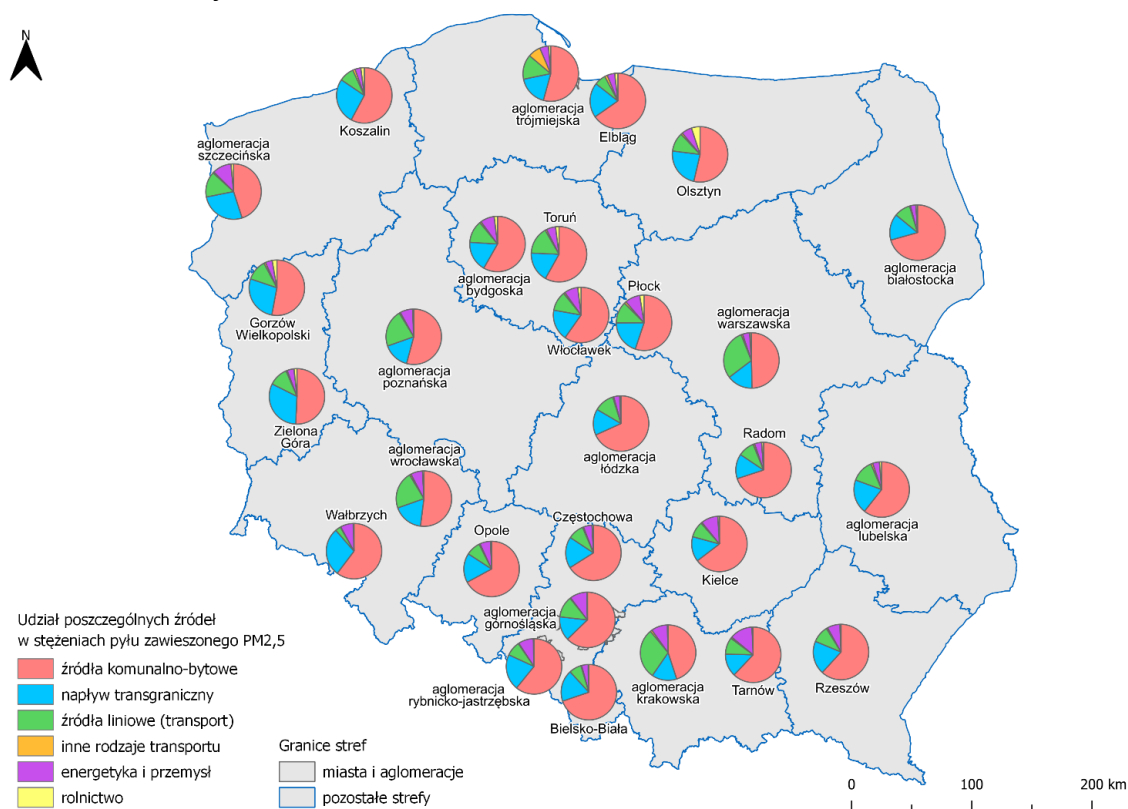
Rysunek 10. Udział poszczególnych sektorów [%] w emisji całkowitej pyłu PM_{2,5} w miastach i aglomeracjach w 2023 r., dla których obliczany był wskaźnik średniego narażenia dla 2024 r. [źródło: Centralna Baza Emisji, KOBIZE, 2025]

Największy udział w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} mają źródła emisji komunalno-bytowej (Rysunek 11). W 2024 roku udział źródeł z tego sektora mieścił się w zakresie od 45% do 71%. Najmniejszy udział wystąpił w aglomeracji szczecińskiej i aglomeracji krakowskiej, natomiast największy w mieście Bielsko-Biała, w mieście Radom oraz w aglomeracji białostockiej.

Znaczny udział w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} ma również napływ transgraniczny, który w 2024 roku mieścił się w granicach od 13% (miasto Tarnów) do 32% (miasto Zielona Góra). Największy udział źródeł z tego sektora wystąpił w miastach i aglomeracjach zlokalizowanych w zachodniej części kraju.

Największy wpływ źródeł liniowych tj. transportu drogowego, na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} zauważalny jest w miastach i aglomeracjach, w których występuje wzmożony ruch pojazdów. W 2024 roku największy udział źródeł z tego sektora wystąpił w: aglomeracji warszawskiej i aglomeracji krakowskiej (29%), a także aglomeracji poznańskiej i aglomeracji wrocławskiej (22%). Z kolei najmniejszy udział źródeł liniowych w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} wystąpił w mieście Wałbrzych (3%) oraz w miastach Elbląg i Bielsko-Biała (7%).

Udział źródeł z pozostałych sektorów (energetyka i przemysł, inne rodzaje transportu, rolnictwo) w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w 2024 roku w skali całego kraju był mały. W przypadku energetyki i przemysłu udział ten mieścił się w zakresie od 3% w aglomeracji białostockiej, w aglomeracji łódzkiej i w mieście Koszalin do 13% w mieście Tarnów. Udział rolnictwa w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} był najwyższy w mieście Olsztyn i nie przekroczył 5%. Udział innych źródeł transportu był zauważalny jedynie w aglomeracji trójmiejskiej, gdzie wyniósł 7%, i był związany z emisją pyłu PM_{2,5} związaną z ruchem statków w Zatoce Gdańskiej.



Rysunek 11. Udział poszczególnych źródeł w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach w 2024 r. [źródło: IOŚ-PIB, 2025]

Jedną z grup czynników warunkujących stężenie zanieczyszczeń w powietrzu, obok wielkości emisji rozpatrywanych substancji lub ich prekursorów oraz warunków topograficznych wpływających na możliwości przewietrzania, są warunki meteorologiczne. Wpływają one na procesy fizykochemiczne zachodzące w atmosferze, a także oddziałują na wielkość emisji wybranych zanieczyszczeń.

Temperatura powietrza warunkuje aktywność źródeł grzewczych w okresie jesienno-zimowym, przez co wpływa też na ilość zanieczyszczeń emitowanych z sektora komunalno-bytowego.

W 2024 roku średnia obszarowa temperatura powietrza w Polsce wyniosła 10,9°C i była aż o 2,2°C wyższa od średniej rocznej wieloletniej. Z punktu widzenia kwantylowej klasyfikacji warunków termicznych należy stwierdzić, że rok 2024 był ekstremalnie ciepły w każdym regionie Polski. Najcieplejszym regionem było Podkarpacie, gdzie średnia obszarowa temperatura powietrza wyniosła 11,3°C i była wyższa od normy dla tego obszaru o 2,4°C. Najchłodniejszym regionem były Północne Karpaty – tam średnia roczna temperatura wyniosła 10,7°C (1,8°C powyżej normy). Najniższe wartości średniej rocznej temperatury wystąpiły w Suwałkach – temperatura wynosiła tam 9,6°C i była 2,4°C powyżej normy wieloletniej. Średnia roczna temperatura na stacjach wysokogórskich – Kasprowy Wierch 2,7°C (2,6°C powyżej normy), na Śnieżce wynosiła 3,4°C (1,9°C powyżej normy). Najcieplej było w południowo-zachodniej części kraju. Najwyższe wartości średniej rocznej temperatury powietrza odnotowano we Wrocławiu (12,1°C) i na stacjach synoptycznych w Legnicy, Opolu i Tarnowie (po 11,8°C).

Średnia suma opadu atmosferycznego w Polsce w 2024 roku wynosiła 618 mm, co stanowiło 98,3% normy określonej na podstawie pomiarów w latach 1991-2020. Rok 2024 należy zaliczyć do lat przeciętnych. Rozkład przestrzenny rocznych sum opadów na obszarze Polski w 2024 r. był w zakresie od 500 mm do 1300 mm. Najwyższe sumy opadów odnotowano w Tatrach, na Śnieżce i w Bielsku Białym, najniższe na Podlasiu i lokalnie na Mazowszu. Przestrzenne zróżnicowanie rocznych sum opadu w 2024 r. w odniesieniu do normy wieloletniej (1991-2020) wskazuje, że zawierały się one w przedziale od 72,9% normy w Białymstoku do 127,9% normy w Słubicach. Zmienność skumulowanej sumy opadów atmosferycznych na obszarze kraju pokazuje, że w styczniu, lutym charakteryzowały się znacznymi sumami opadów. Utrzymywały się one powyżej normy wieloletniej. W marcu tempo przyrostu skumulowanych sum opadu atmosferycznego wyraźnie zwolniło, jednak dalej utrzymywały się one powyżej normy wieloletniej. Na wiosnę tempo przyrostu skumulowanych sum opadów było porównywalne do wartości średnich notowanych w wieloleciu. W drugiej dekadzie lipca wartości skumulowanej sumy opadów znacznie przewyższały średnią z wielolecia. W sierpniu średnia skumulowana suma opadów utrzymywała się powyżej wartości średnich z wielolecia. W pierwszej dekadzie września suma opadów utrzymywała się na poziomie normy z wielolecia, w drugiej dekadzie nastąpił wzrost sumy opadów związany z kilkudniowymi, obfitymi opadami w południowo-zachodniej części kraju. Były one wynikiem oddziaływania silnie rozwiniętego Niżu Genueskiego. Październik zgodnie z klasyfikacją był miesiącem skrajnie suchym. W listopadzie odnotowano delikatne wzrosty wartości sumy opadu, wciąż jednak zbliżone do średniej z wielolecia – miesiąc suchy. Grudzień pod względem warunków opadowych został zaklasyfikowany jako miesiąc bardzo suchy.

7. Wnioski końcowe

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2024 roku wyniosła **15 µg/m³**. Rok 2024 jest czwartym rokiem z rzędu, w którym krajowy wskaźnik średniego narażenia nie przekroczył krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} (18 µg/m³) i piątym kolejnym rokiem, w którym wskaźnik ten nie przekroczył pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³), będącego w tym względzie standardem jakości powietrza, który należy dotrzymywać od roku 2015.

Najwyższe wartości wskaźników średniego narażenia w 2024 roku wystąpiły w południowej Polsce, a najniższe w północnych, wschodnich i zachodnich regionach Polski. W 2024 roku, w 22 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika była niższa od wartości z roku 2023 (spadek od 1 do 3 µg/m³). W 6 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika się nie zmieniła.

Najniższą wartość wskaźnika, spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji, uzyskano dla aglomeracji szczecińskiej i trójmiejskiej – 11 µg/m³, oraz miast Zielona Góra i Koszalin – 11 µg/m³. Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla miasta Częstochowa – 21 µg/m³ (wskaźnik ten był jednocześnie wyższy od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³)), oraz aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej – 20 µg/m³.

W emisji pyłu PM_{2,5} największy udział mają procesy spalania paliw stałych poza przemysłem, głównie w sektorze komunalno-bytowym. Sektor ten jest odpowiedzialny za 85% całkowitego udziału w emisji pyłu PM_{2,5} w Polsce. W większości miast i aglomeracji, dla których obliczany jest wskaźnik średniego narażenia, sektor ten ma jednocześnie największy udział w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Do innych istotnych źródeł emisji antropogenicznej pyłu PM_{2,5} należą: transport (4%) i procesy przemysłowe (3%).

Podsumowując informacje zawarte w opracowaniu, należy podkreślić, iż wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} ze względu na to, że są liczone jako średnie wieloletnie (trzyletnie), są parametrami statystycznymi mniej wrażliwymi na krótkotrwałe, bardzo wysokie lub bardzo niskie stężenia zanieczyszczeń pyłowych, a tym samym lepiej nadają się do oceny trendów i efektywności działań na rzecz poprawy jakości powietrza niż średnie roczne czy średnie dobowe stężenia pyłu.

8. Akty prawne i dane źródłowe wykorzystane w opracowaniu

1. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 14 listopada 2022 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji (Dz. U. z 2022 r. poz. 2430).
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2021 poz. 845).
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2012 r. w sprawie krajowego celu redukcji narażenia (Dz. U. 2012 poz. 1030).
4. Wytyczne Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE, European Commission, DG ENV, 2013.
5. KOBIZE-IOŚ-PIB, 2025. „Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2023 – Raport syntetyczny”.

6. Baza danych GIOŚ (JPOAT3,0).
7. Raporty wojewódzkie z rocznej oceny jakości powietrza za rok 2024 (<https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/content/show/1005843>).
8. <https://klimat.imgw.pl/>.