



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 2020 ROKU

Warszawa, czerwiec 2021 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.....	5
2. Sposób obliczenia wskaźnika średniego narażenia	5
3. Sposób prowadzenia pomiarów pyłu zawieszonego PM2,5 na potrzeby obliczania wskaźników średniego narażenia	8
4. Wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM2,5 – dane wejściowe do obliczenia wskaźników średniego narażenia	9
5. Analiza zmian wartości wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM2,5 ..	12
6. Przyczyny niedotrzymania krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM2,5 i katalog działań naprawczych	19
7. Wnioski końcowe.....	28
8. Akty prawne i dane źródłowe wykorzystane w pracy.....	30

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 czystszej powietrza dla Europy (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str.1) dla pyłu zawieszonego PM_{2,5}, zostały określone dodatkowe normy (Tabela 1): pułap stężenia ekspozycji i krajowy cel redukcji narażenia. Normy te, odnoszą się do obszarów tła miejskiego w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców i w aglomeracjach. Pułap stężenia ekspozycji zostały transponowane do prawodawstwa krajowego rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012 poz. 1031), a 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).

Definicje ww. norm są zawarte w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2013 poz. 1232 z późn. zm.) 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};
- **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}.

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⁾ Od 2012 r. 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 2020 stanowiły stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} uzyskane z pomiarów prowadzonych w latach 2018, 2019 i 2020, w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra

Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji (Dz. U. z 2012 r. poz. 1029), wskaźnik średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} oblicza się dla miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy i aglomeracji, o których mowa w tabelach nr 1 i 2 załącznika do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz. U. 2012 poz. 914). Listę miast i aglomeracji, dla których oblicza się wskaźnik średniego narażenia, uzupełnioną o kody stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystuje się 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 2020

Województwo	Strefa	Kod stacji
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	DsWrocNaGrob
	miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	KpBydBerling
	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	MpKrakBujaka MpKrakOsPias ¹⁾
	miasto Tarnów	MpTarBitStud
mazowieckie	aglomeracja warszawska	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	SIGliwicMewy
	aglomeracja Górnośląska	SIKatoKossut
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	SIZorySikor2
	miasto Bielsko-Biała	SIBielSterni
	miasto Częstochowa	SICzestoZana
świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkin

	miasto Elbląg	WmElbBazynsk
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	WpPoznDabrow
	miasto Kalisz	WpKaliSawick
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	ZpSzczAndr01
	miasto Koszalin	ZpKoszSpasow

¹⁾MpKrakBujaka w latach 2018 i 2019. MpKrakOsPias dla roku 2020. Zmiana spowodowana modernizacją trasy łągiwnickiej, w okolicy stacji MpKrakBujaka dlatego dla roku 2020 wyznaczono stanowisko na stacji Kraków os. Piastów.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji, wskaźnik średniego narażenia WM_{2020} dla miasta i aglomeracji oblicza się zgodnie ze wzorem:

$$WM_{2020} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n_{2018}} Sa_{i2018}}{n_{2018}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2019}} Sa_{i2019}}{n_{2019}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2020}} Sa_{i2020}}{n_{2020}} \right\}$$

gdzie:

- WM_{2020} – wskaźnik średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej od 100 tysięcy i aglomeracji, dla roku 2020;
- $Sa_{i2018}, Sa_{i2019}, Sa_{i2020}$ – średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} na *i*-tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2018, 2019 i 2020;
- $n_{2018}, n_{2019}, n_{2020}$ – 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 2018, 2019 i 2020.

Krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2020 oblicza się zgodnie z wzorem:

$$WK_{2020} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{p_{2018}} Sa_{i2018}}{p_{2018}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2019}} Sa_{i2019}}{p_{2019}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2020}} Sa_{i2020}}{p_{2020}} \right\}$$

gdzie:

- WK_{2020} – krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2020;
- $Sa_{i2018}, Sa_{i2019}, Sa_{i2020}$ – średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} na *i*-tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2018, 2019 i 2020;
- $p_{2018}, p_{2019}, p_{2020}$ – liczba stanowisk pomiarowych, z których wyniki pomiarów uwzględniono w obliczeniu krajowego wskaźnika średniego narażenia, odpowiednio w latach 2018, 2019 i 2020.

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

Dyrektywa 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy wprowadzając wskaźnik 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.

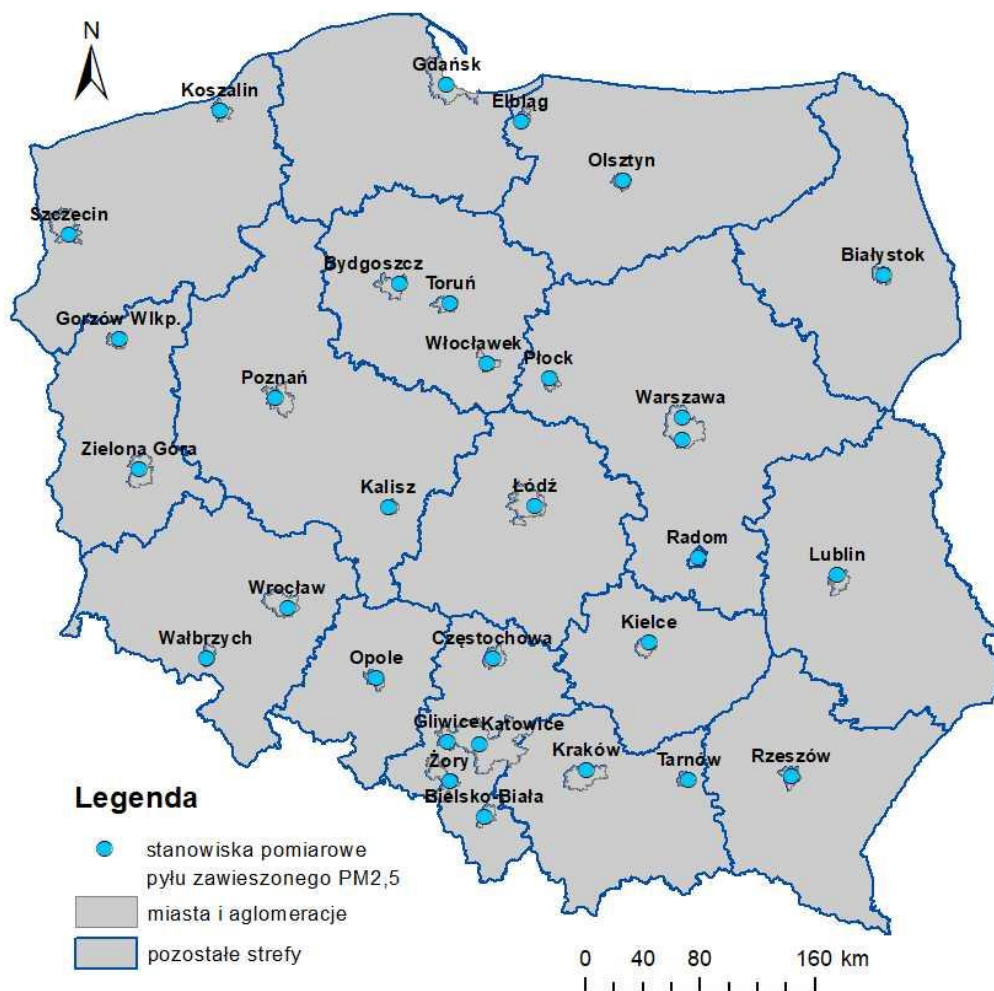
Celem takiego podziału jest zwiększenie efektywności działań zmierzających do osiągnięcia krajowego celu redukcji narażenia oraz pułapu stężenia ekspozycji, nie tylko na poziomie kraju, ale również lokalnym (w aglomeracjach i miastach powyżej 100 tys. mieszkańców).

Monitoring pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla potrzeb obliczania wskaźników średniego narażenia jest prowadzony w Polsce od 2010 roku na obszarach tła miejskiego. W latach 2018 i 2019 w systemie pomiarowym funkcjonowały 32 stanowiska pomiarowe zlokalizowane w 30 miastach i aglomeracjach. W roku 2020 ze względu na to, iż Legnica¹ straciła status miasta o liczbie mieszkańców 100 tys. liczba stanowisk zlokalizowanych w miastach zmniejszona została z 30 na 29, a tym samym dla potrzeb obliczania wskaźników średniego narażenia dla miast i aglomeracji oraz krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2020 wykorzystano 31 stanowisk. W aglomeracji warszawskiej i aglomeracji górnośląskiej pomiary są prowadzone na dwóch stanowiskach pomiarowych, w pozostałych aglomeracjach i miastach powyżej 100 tys. mieszkańców pomiary są prowadzone na jednym stanowisku pomiarowym (Rysunek 1).

Pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} służące do obliczania wskaźników średniego narażenia są prowadzone wyłącznie metodą manualną, za pomocą poborników niskoprzepływowych (LVS). Metoda ta, zgodna jest z normą EN 12341:2014 „Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ or PM_{2,5} mass concentration of suspended particulate matter” i jest metodą referencyjną. Pomiary do końca 2018 roku były prowadzone przez wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska, obecnie pomiary te wykonuje Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. o zmianie ustawy o Inspekcji Ochrony Środowiska oraz niektórych innych ustaw).

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

¹ wg GUS na koniec 2019 r. liczba mieszkańców Legnicy wynosiła 99 350, a strefa miasto Legnica stała się częścią strefy dolnośląskiej.



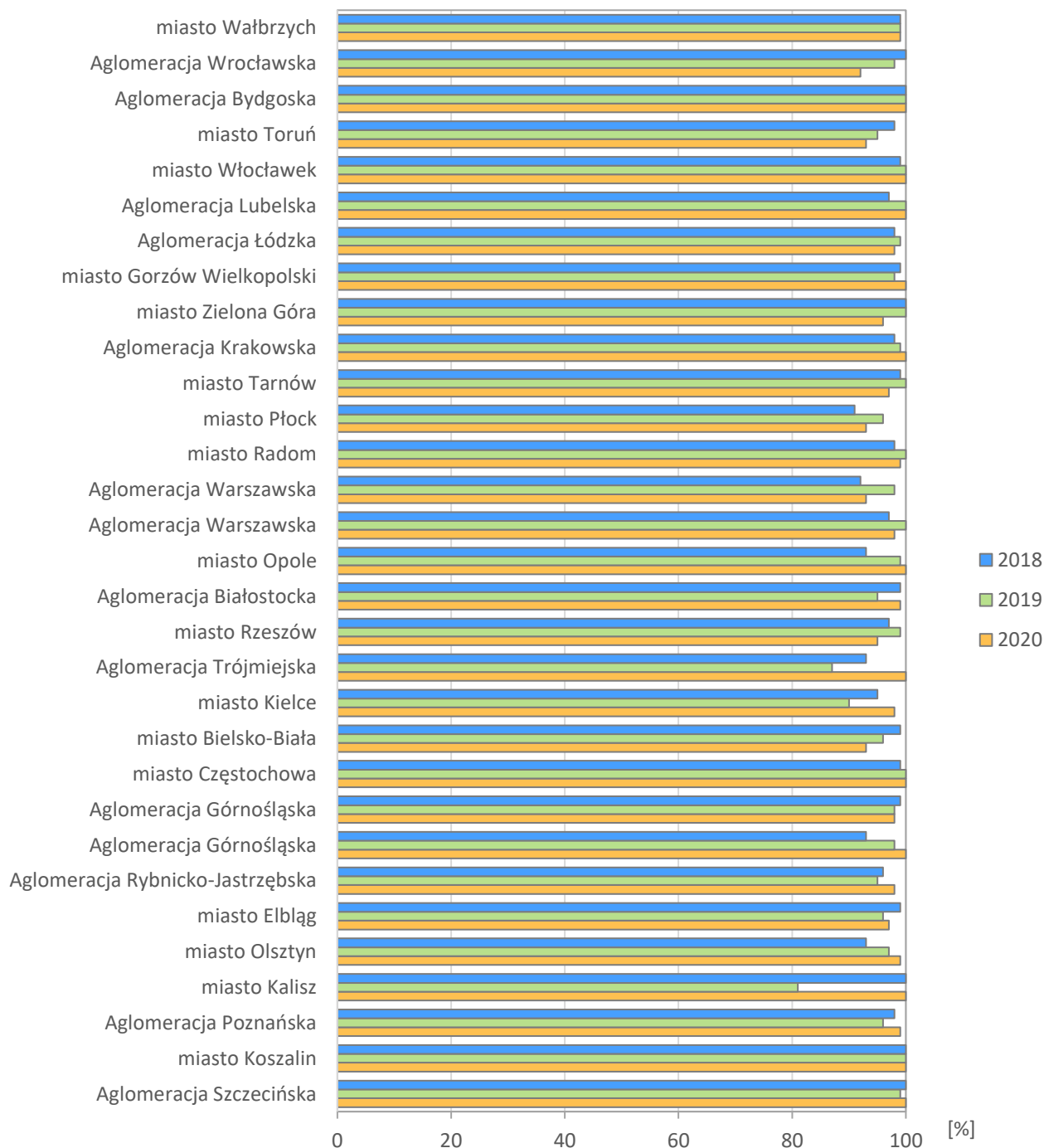
Rysunek 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych, w których prowadzono pomiary stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na potrzeby obliczenia krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2020

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 2020 roku, wykorzystane do obliczenia wskaźnika średniego narażenia, podlegały dwustopniowej kontroli. Pierwszym stopniem była weryfikacja danych na poziomie poszczególnych województw, która przeprowadzana jest od roku 2019 przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Drugim etapem było przeprowadzenie przeglądu wyników na poziomie krajowym. Serie pomiarowe z lat 2018 i 2019 zostały poddane kontroli i zatwierdzeniu w latach poprzednich.

Wymagania dotyczące kompletności danych określone w Wytycznych Komisji Europejskiej do decyzji 2011/850/UE (kompletność serii $\geq 85\%$) spełniały wszystkie serie wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} uwzględnione przy obliczaniu wskaźnika średniego narażenia dla roku 2018 (wszystkie kompletności serii powyżej 90%) i 2020 (wszystkie kompletności serii powyżej 90%). 30 spośród 31 serii wyników pomiarów

stężenia pyłu zawieszzonego PM_{2,5} z roku 2019 również spełniała te wymagania (dla jednej serii kompletność wyniosła 81%). Zestawienie kompletności serii pomiarowych stężeń pyłu zawieszzonego PM_{2,5} z 2018, 2019 i 2020 roku, wykorzystanych do obliczania wskaźnika średniego narażenia przedstawiono na rysunku 2.



Rysunek 2. Kompletność serii pomiarowych stężeń pyłu zawieszzonego PM_{2,5} z 2018, 2019 i 2020 roku, wykorzystanych do obliczania wskaźnika średniego narażenia

Na podstawie średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w latach 2018-2020 określono wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2020 roku (Tabela 3).

Tabela 3. Wartości średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w latach 2018-2020 [µg/m³]; wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji [µg/m³] oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2020 roku [µg/m³]

Lp.	Województwo	Nazwa strefy	Kod stacji	Stężenie średnie roczne w 2018 r.	Stężenie średnie roczne w 2019 r.	Stężenie średnie roczne w 2020 r.	Stężenie średnie roczne uśrednione w latach 2018-2020	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla 2020 r.
1	dolnośląskie	Aglomeracja Wrocławska	DsWrocNaGrob	21,5	15,5	15,3	17,4	17
		miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso	21,6	15,4	16,2	17,7	18
2	kujawsko-pomorskie	Aglomeracja Bydgoska	KpBydBerling	18,7	14,6	12,1	15,1	15
		miasto Toruń	KpToruDziewu	20,1	15,3	13,4	16,3	16
		miasto Włocławek	KpWloclGniaz	23,4	17,1	17,0	19,2	19
3	lubelskie	Aglomeracja Lubelska	LbLubSliwins	19,0	16,0	15,2	16,7	17
4	lubuskie	miasto Gorzów Wielkopolski	LuGorzPilsud	17,0	14,8	13,9	15,2	15
		miasto Zielona Góra	LuZielKrotka	17,5	13,9	10,7	14,0	14
5	łódzkie	Aglomeracja Łódzka	LdLodzCzerni	21,6	18,6	15,6	18,6	19
6	małopolskie	Aglomeracja Krakowska	MpKrakBujaka/ MpKrakOsPias	30,8	24,7	20,8	25,4	25
		miasto Tarnów	MpTarBitStud	24,8	20,1	17,5	20,8	21
7	mazowieckie	Agglomeracja Warszawska	MzWarKondrat	20,4	15,9	15,4	17,3	17
			MzWarWokalna	21,0	15,7	14,0	16,9	
		miasto Płock	MzPlocKroJad	23,9	17,7	15,3	19,0	19
		miasto Radom	MzRadHallera	24,9	20,2	17,6	20,9	21
8	opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr	20,4	18,0	17,2	18,5	19
9	podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta	22,9	16,9	13,7	17,8	18
10	podlaskie	Aglomeracja Białostocka	PdBialWarsza	19,0	15,8	15,0	16,6	17
11	pomorskie	Aglomeracja Trójmiejska	PmGdaPowWiel	15,1	12,4	10,4	12,6	13
12	śląskie	Agglomeracja Górnośląska	SlGliwicMewy	32,9	26,4	22,1	27,1	26
			SlKatoKossut	30,0	24,1	20,2	24,8	
		Agglomeracja Rybnicko-Jastrzębska	SlZorySikor2	30,8	24,9	22,1	25,9	26

		miasto Bielsko-Biała	SIbielSterni	29,2	21,6	20,7	23,8	24
		miasto Częstochowa	SICzestoZana	26,5	20,3	17,7	21,5	22
13	świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielWarsza	18,9	15,5	16,9	17,1	17
14	warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkin	17,7	15,0	13,2	15,3	15
		miasto Elbląg	WmElbBazynsk	19,1	15,1	13,3	15,8	16
15	wielkopolskie	Aglomeracja Poznańska	WpPoznDabrow	21,9	18,2	16,1	18,7	19
		miasto Kalisz	WpKaliSawick	23,9	21,4	19,1	21,5	21
16	zachodniopomorskie	Aglomeracja Szczecińska	ZpSzczAndr01	18,9	13,7	11,4	14,7	15
		miasto Koszalin	ZpKoszSpasow	16,3	13,7	10,8	13,6	14
Średnia dla kraju				22,2	17,7	15,8	18,6	19

¹⁾MpKrakBujaka w latach 2018 i 2019. MpKrakOsPias dla roku 2020. Zmiana spowodowana modernizacją trasy Łągiwnickiej, w okolicy stacji MpKrakBujaka dlatego dla roku 2020 wyznaczono stanowisko na stacji Kraków os. Piastów

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2020 roku wynosi **19 µg/m³**.

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 2020 roku wynosi **19 µg/m³**. Wartość ta jest o **2 µg/m³** mniejsza od wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2019 oraz o **3 µg/m³** mniejsza od wskaźnika w latach 2016-2018. Jest to kolejny rok, w którym odnotowano spadek wartości krajowego wskaźnika narażenia na pył zawieszony PM_{2,5}.

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2020 r. jest o 5% mniejsza od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³) będącego w tym względzie standardem jakości powietrza, który należy dotrzymywać od roku 2015. Jednocześnie, wskaźnik ten o 1 µg/m³ (6%) przekroczył krajowy cel redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} (18 µg/m³), który należało osiągnąć do roku 2020.

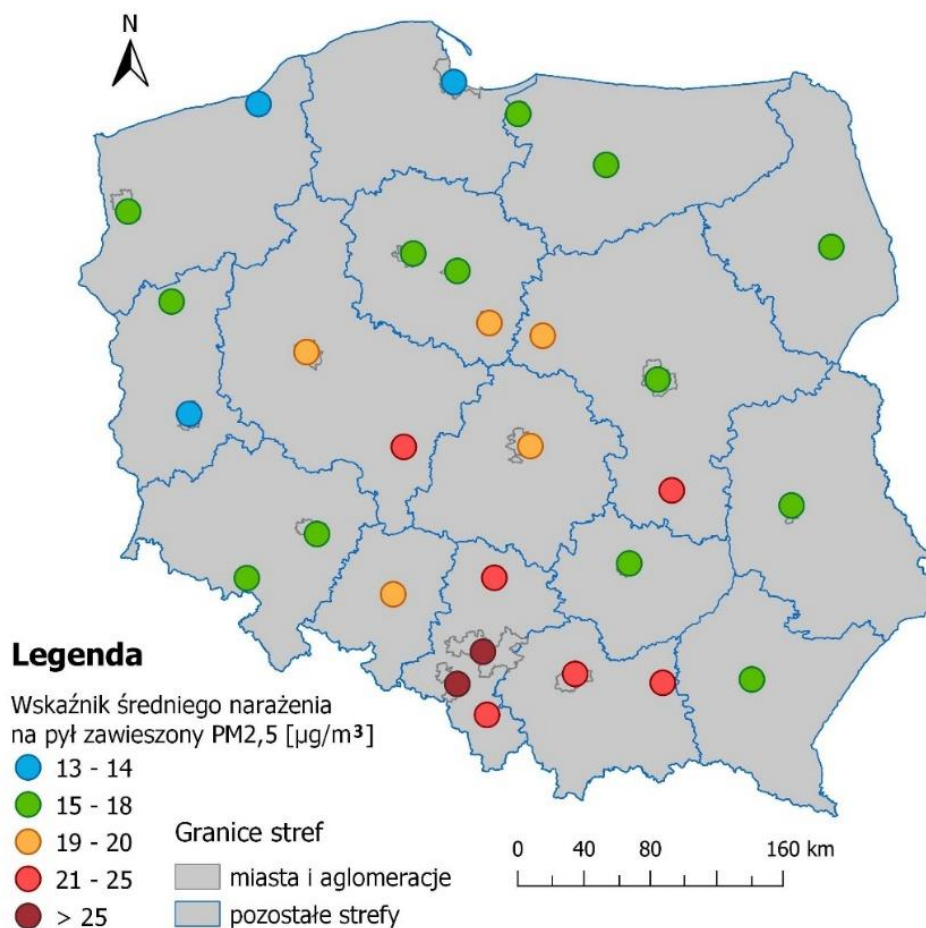
Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tys. dla roku 2020 zestawiono w tabeli 4.

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 2020 r.

Województwo	Strefa	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla roku 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Tendencja zmian wartości wskaźnika w porównaniu z rokiem 2019
dolnośląskie	aglomeracja wrocławska	17	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Wałbrzych	18	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
kujawsko-pomorskie	aglomeracja bydgoska	15	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Toruń	16	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Włocławek	19	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
lubelskie	aglomeracja lubelska	17	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	15	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Zielona Góra	14	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
łódzkie	aglomeracja łódzka	19	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
małopolskie	aglomeracja krakowska	25	spadek o 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Tarnów	21	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
mazowieckie	aglomeracja warszawska	17	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Płock	19	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Radom	21	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
opolskie	miasto Opole	19	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
podkarpackie	miasto Rzeszów	18	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
podlaskie	aglomeracja białostocka	17	brak zmian
pomorskie	aglomeracja trójmiejska	13	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
śląskie	aglomeracja górnośląska	26	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	aglomeracja rybnicko-jastrzębska	26	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Bielsko-Biała	24	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Częstochowa	22	spadek o 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
świętokrzyskie	miasto Kielce	17	brak zmian
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	15	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Elbląg	16	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
wielkopolskie	aglomeracja poznańska	19	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Kalisz	21	spadek o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zachodniopomorskie	aglomeracja szczecińska	15	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	miasto Koszalin	14	spadek o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

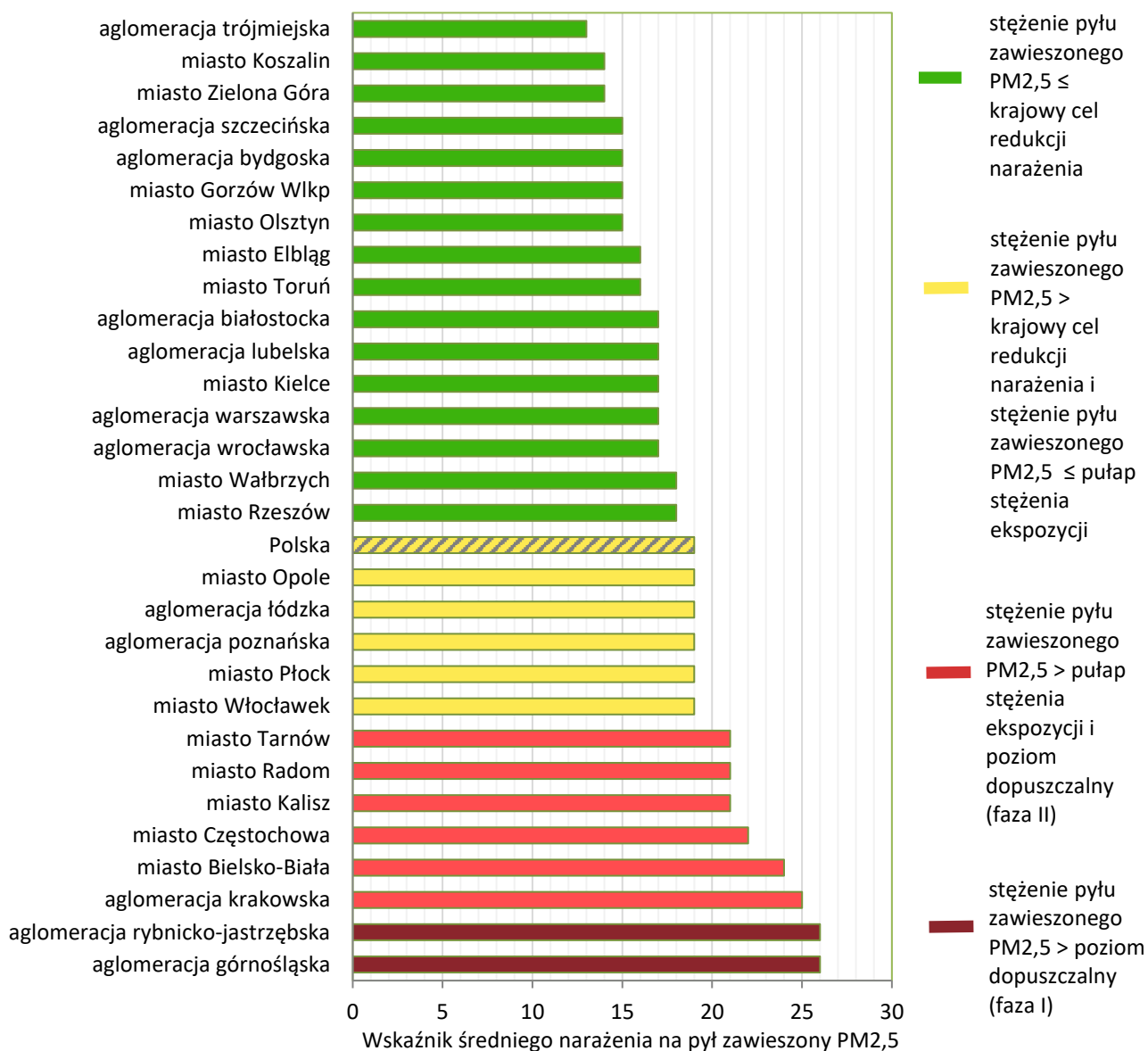
Najwyższe wartości wskaźników średniego narażenia w 2020 r. wystąpiły w południowej i środkowej Polsce (Rysunek 3). W 8 miastach i aglomeracjach wskaźnik średniego narażenia był w 2020 r. (w 2019 - 14) wyższy od pułapu stężenia ekspozycji (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), w 21 niższy lub

równy tej wartości. W pasie od województwa zachodniopomorskiego do podlaskiego oraz w województwach lubuskim, lubelskim i świętokrzyskim wartości wskaźników nie przekroczyły pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Rysunek 3. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2020 r.

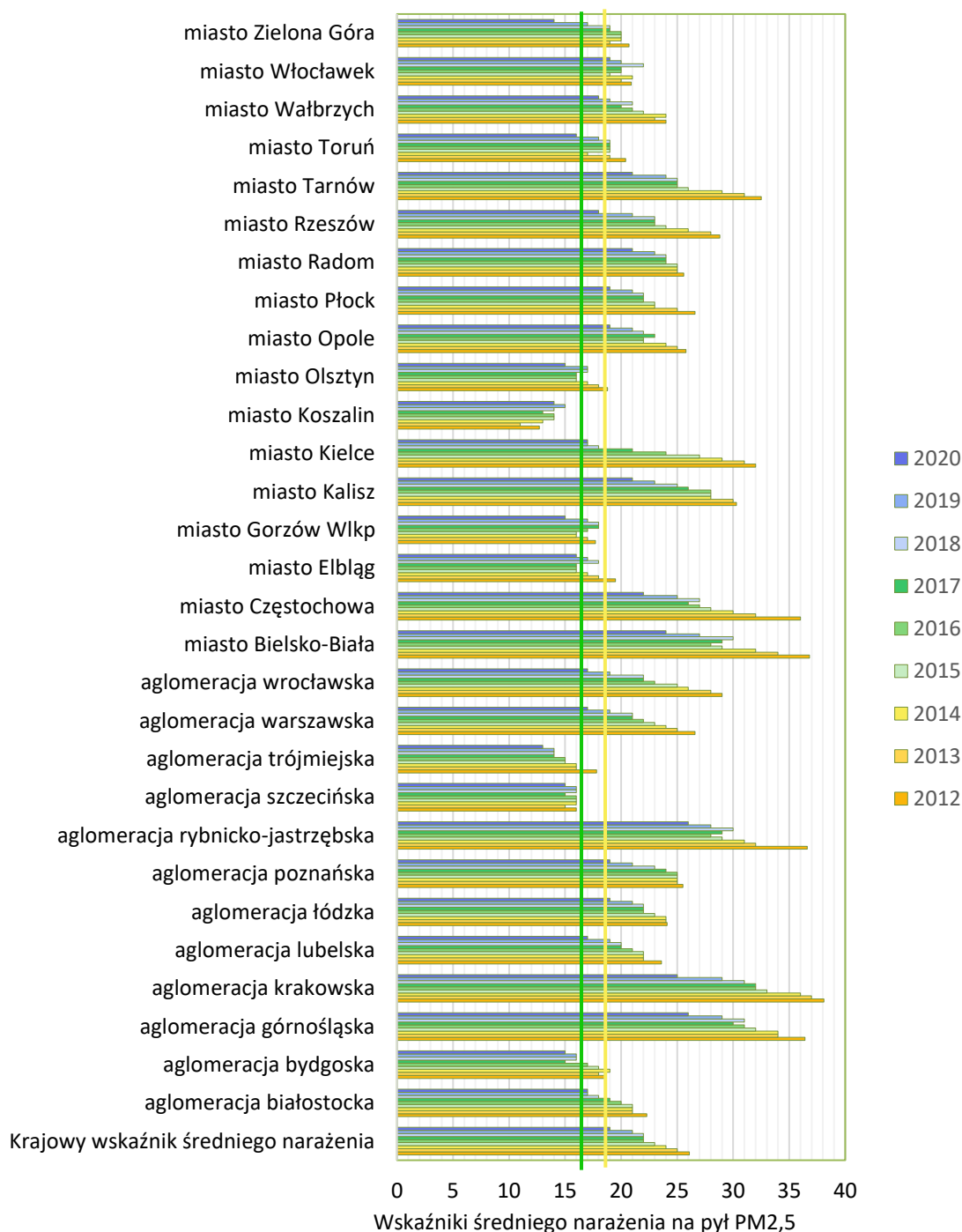
Najniższą wartość wskaźnika, spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji, uzyskano dla aglomeracji trójmiejskiej - $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i miast Zielona Góra i Koszalin - $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rysunek 4). Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla aglomeracji górnośląskiej i aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej - $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i miasta Bielsko-Biała - $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Największy spadek wskaźnika (o $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) odnotowano w aglomeracji krakowskiej z $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W 27 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika w 2020 r. była niższa od wartości z roku 2019 (spadek od 1 do $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W żadnym mieście lub aglomeracji nie stwierdzono wzrostu wskaźnika, a w aglomeracji białostockiej i mieście Kielce wartość wskaźnika nie zmieniła się.



Rysunek 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] dla 2020 roku (uszeregowane według wartości wskaźnika)

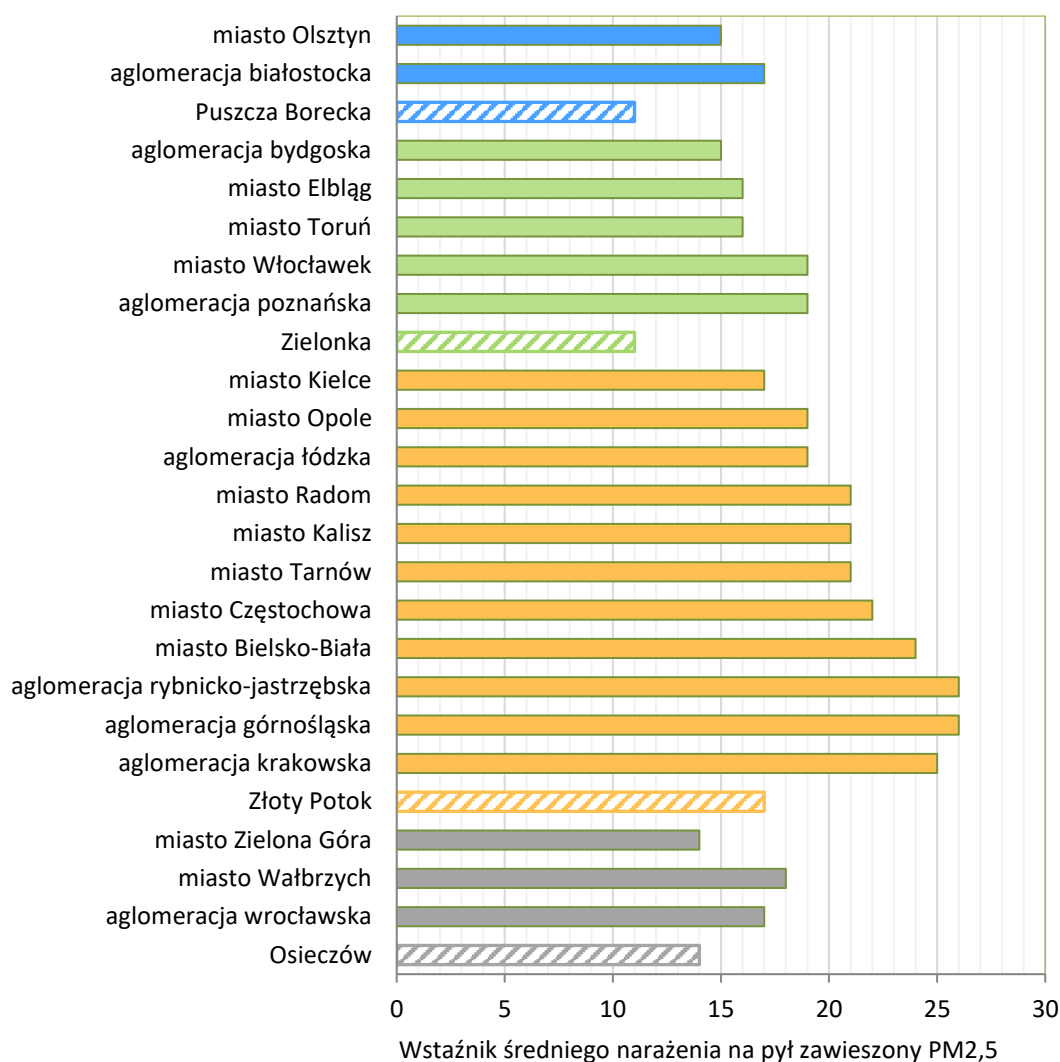
Na przestrzeni wielolecia 2012-2020 (Rysunek 5) można zoobserwować, że niektórym miastom i aglomeracją udało się uzyskać duże redukcje stężeń pyłu zawieszonego PM2,5 w odniesieniu do krajowego celu redukcji narażenia ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Szczególnie widoczne jest to w Kielcach (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020), aglomeracji wrocławskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020), Rzeszowie (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020), aglomeracji warszawskiej (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020). Jednakże, są również miasta i aglomeracje, w których mimo podejmowanych działań naprawczych i wyraźnego spadku wartości wskaźników średniego narażenia wciąż nie uzyskano stężeń pyłu zawieszonego PM2,5 poniżej krajowego celu redukcji narażenia, np. Częstochowa (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020), Bielsko-Biała (redukcja wskaźnika średniego

narażenia o $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020), aglomeracja rybnicko-jastrzębska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020), aglomeracja krakowska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020), aglomeracja górnośląska (redukcja wskaźnika średniego narażenia o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, z $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r., na $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w roku 2020).



Rysunek 5. Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla lat 2012-2020 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia – cel na 2020 rok dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji (linia zielona); (b) pułapu stężenia ekspozycji i poziomu dopuszczalnego od roku 2020 – cel na 2015 rok dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji oraz poziom dopuszczalny od roku 2020 – cel dla obszaru całego kraju (linia żółta)

Na obszarach większości dużych miast i aglomeracji środkowej i południowej Polski wskaźnik średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} przekracza pułap stężenia ekspozycji (20 µg/m³). W aglomeracjach: górnośląskiej, rybnicko-jastrzębskiej, krakowskiej oraz w Bielsku-Białej na stanowiskach, na których prowadzone są pomiary pod kątem wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} przekroczony został poziom dopuszczalny² (faza II - 20 µg/m³). Jedną z przyczyn przekroczeń tego kryterium w miastach są stosunkowo wysokie stężenia pyłu zawieszzonego PM_{2,5} na poziomie tła regionalnego, na obszarach pozamiejskich, oddalonych od źródeł emisji.



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 2020

Zwłaszcza zjawisko to jest istotne na obszarze środkowej i południowej Polski. Na problem ten wskazuje porównanie wskaźników średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} obliczonych dla stanowisk tła regionalnego, prowadzących pomiary pyłu zawieszzonego

² Zgodnie z zapisami rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu od 2020 r. obowiązuje niższy poziom dopuszczalny dla pyłu zawieszzonego PM_{2,5} wynoszący 20 µg/m³ (II faza).

PM2,5: 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).

Wartość wskaźnika średniego narażenia obliczona dla roku 2020 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, a wskaźnik średniego narażenia wynosi odpowiednio: w Osieczowie $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w Złotym Potoku $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

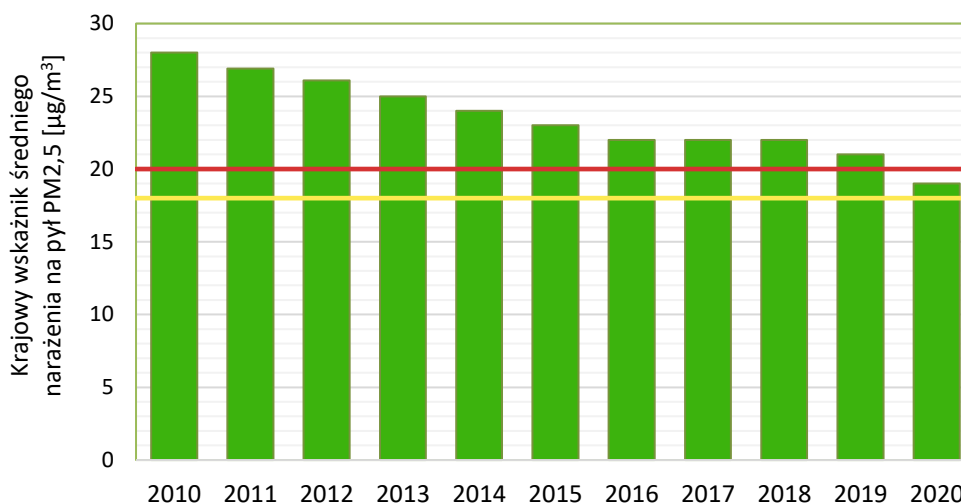
W Polsce północnej stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 są znacznie niższe. Dla 2020 roku wskaźniki średniego narażenia dla stacji Puszcza Borecka oraz Zielonka były takie same i wyniosły $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Relatywnie niskie stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 na obszarach pozamiejskich północnej Polski ułatwiają dotrzymanie pułapu stężenia ekspozycji, a nawet krajowego celu redukcji narażenia w miastach i aglomeracjach tam położonych.

Z porównania obliczonych wskaźników średniego narażenia wynika, iż największy potencjał do redukcji stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 w powietrzu mają miasta i aglomeracje z województw: śląskiego i małopolskiego, jednak bez bardzo efektywnych działań naprawczych nakierowanych na źródła komunalne oraz przemysłowe, na obszarach tych nie uda się dotrzymać pułapu stężenia ekspozycji dla pyłu zawieszonego PM2,5 - $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na uwagę zasługuje również fakt, że na wszystkich analizowanych powyżej stacjach tła regionalnego, w roku 2020 w porównaniu z rokiem 2019, nastąpił spadek wskaźnika średniego narażenia. Najbardziej znaczące obniżenie wartości wskaźnika średniego narażenia wystąpiło na stacji w Złotym Potoku - $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na pozostałych stacjach tłowych o $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia obliczone dla lat 2010-2020³ wykazywały do roku 2016 trwały trend spadkowy, jednak 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 PM2,5 do wartości $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rysunek 7). Natomiast rok 2020 jest kolejnym rokiem ze spadkiem wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM2,5 do wartości wynoszącej $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tym samym jest to najniższa wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia otrzymana od roku 2010.

³ Zgodnie z 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. obliczono na podstawie wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM2,5 z dwóch lat (2010 i 2011), a wskaźniki dla 2010 r. obliczono na podstawie wyników pomiarów z jednego roku (2010 r.). Dla pozostałych lat wskaźniki obliczono na podstawie wyników pomiarów z trzech lat.



Rysunek 7. Krajowe wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} w latach 2010-2020 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia (linia żółta); (b) pułapu stężenia ekspozycji (linia czerwona)

6. Przyczyny niedotrzymania krajowego celu redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} i katalog działań naprawczych

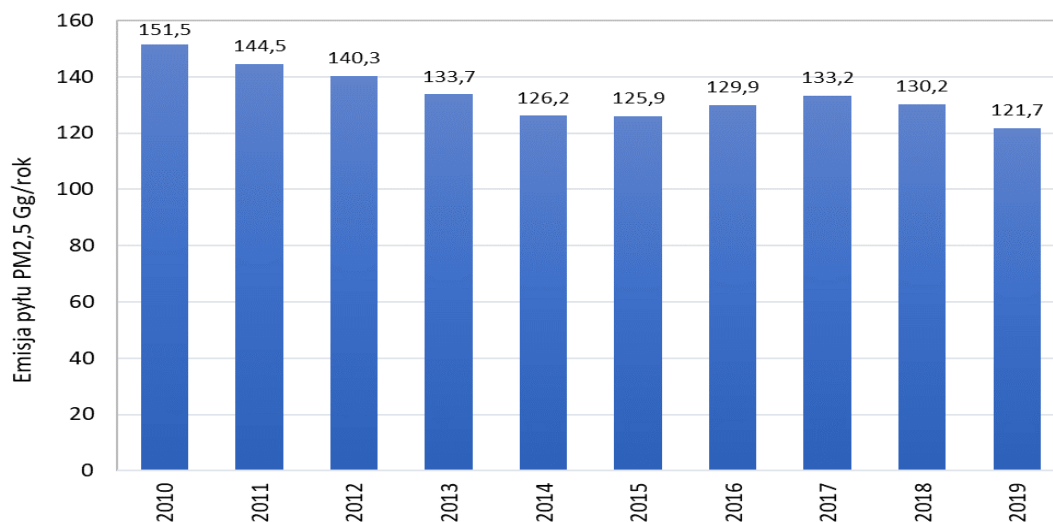
Na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu atmosferycznym mają wpływ zarówno emisje pyłu ze źródeł antropogenicznych i naturalnych (pył pierwotny), jak i procesy zachodzące w atmosferze pomiędzy zanieczyszczeniami gazowymi znajdującymi się w powietrzu, parą wodną i pyłem pierwotnym prowadzące 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 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.

Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} wykazują silną zmienność sezonową. Najwyższe stężenia notowane są w sezonie chłodnym kiedy emisja pyłu zawieszonego 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).

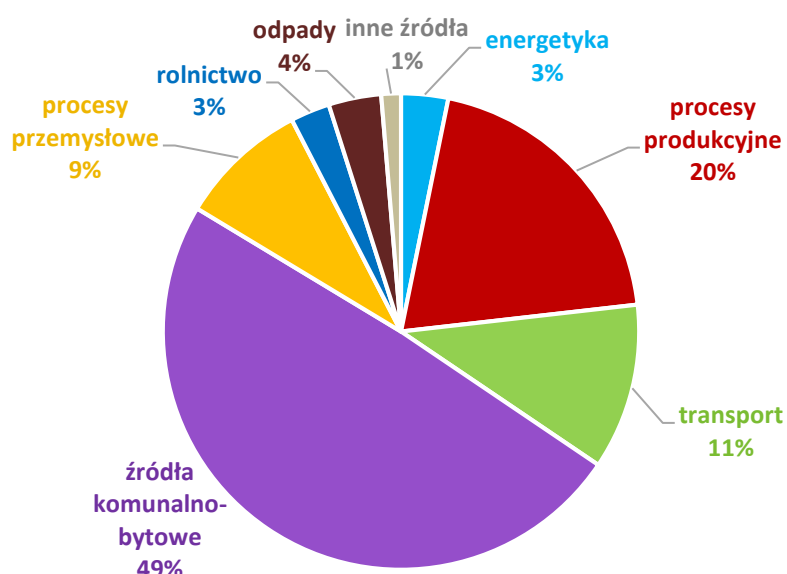
Zmiany emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5} w latach 2010-2019 zaprezentowano na rysunku 8. Największa emisja pyłu zawieszonego PM_{2,5} wystąpiła w 2010 r. i stopniowo zmniejszała się do roku 2015. Emisja pyłu zawieszonego PM_{2,5} w roku 2019 była o ok. 20% niższa od emisji z roku 2010. Emisja pyłu pierwotnego PM_{2,5} w Polsce w 2019 r. wynosiła 121,7 Gg i była o 6,5% mniejsza aniżeli w roku 2018 (KOBIZE 2020). Największy wpływ na tę zmianę miał spadek zużycia węgla kamiennego i drewna w sektorze komunalno-bytowym.



Rysunek 8. Emisja pyłu zawieszonego PM_{2,5} z Polski w latach 2010-2019 r.

Źródło danych: KOBIZE 2021

Największy udział w emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5} (Rysunek 9) mają procesy spalania paliw stałych poza przemysłem, głównie w sektorze komunalno-bytowym (49%).



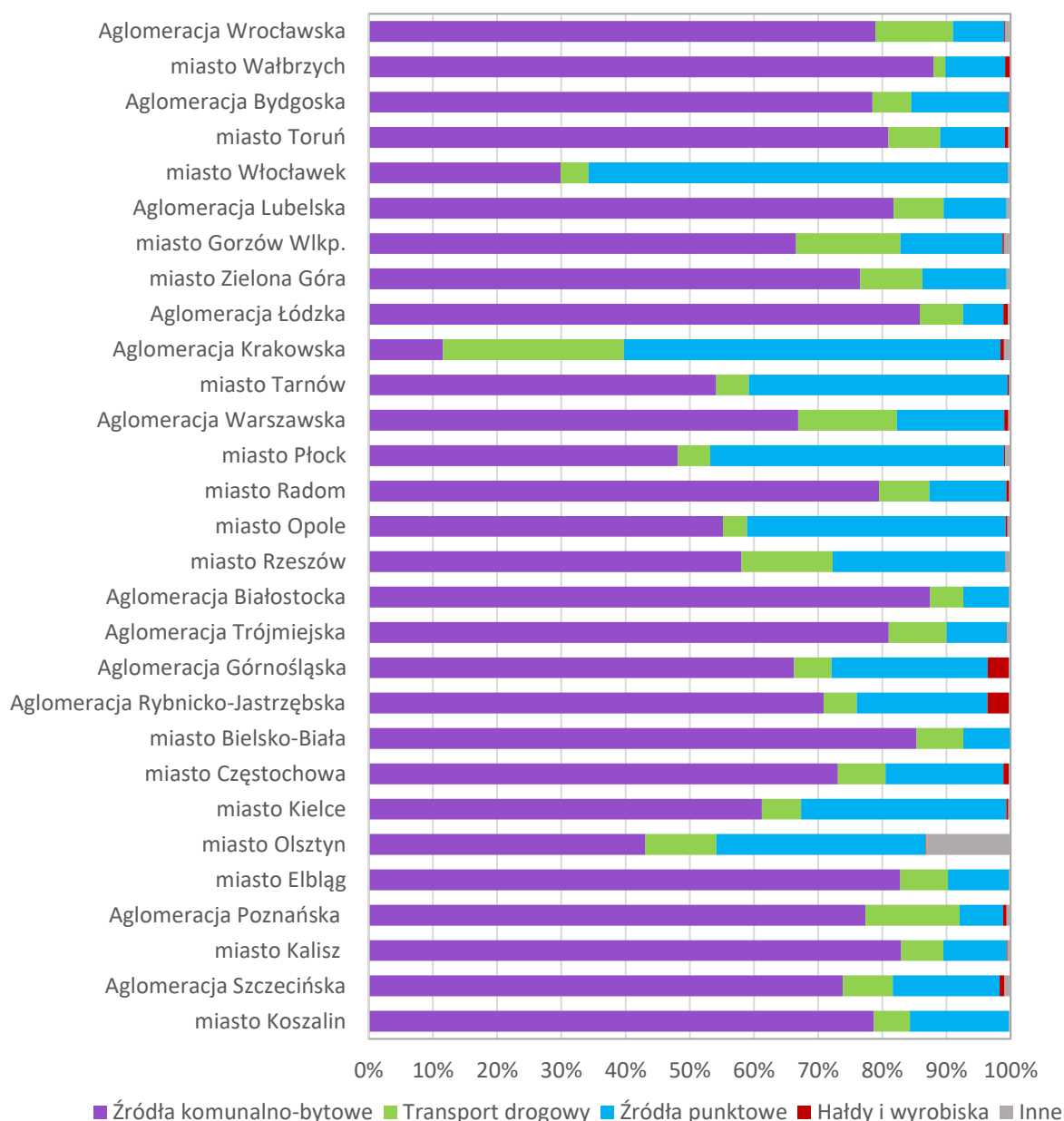
Rysunek 9. Udział poszczególnych sektorów w emisji pyłu PM_{2,5} w Polsce w roku 2019.

Źródło: KOBIZE 2021

Wielkość rocznej emisji zanieczyszczeń z tego sektora zależy jest między innymi od warunków pogodowych w danym roku – długości trwania sezonu grzewczego oraz temperatury powietrza w tym sezonie.

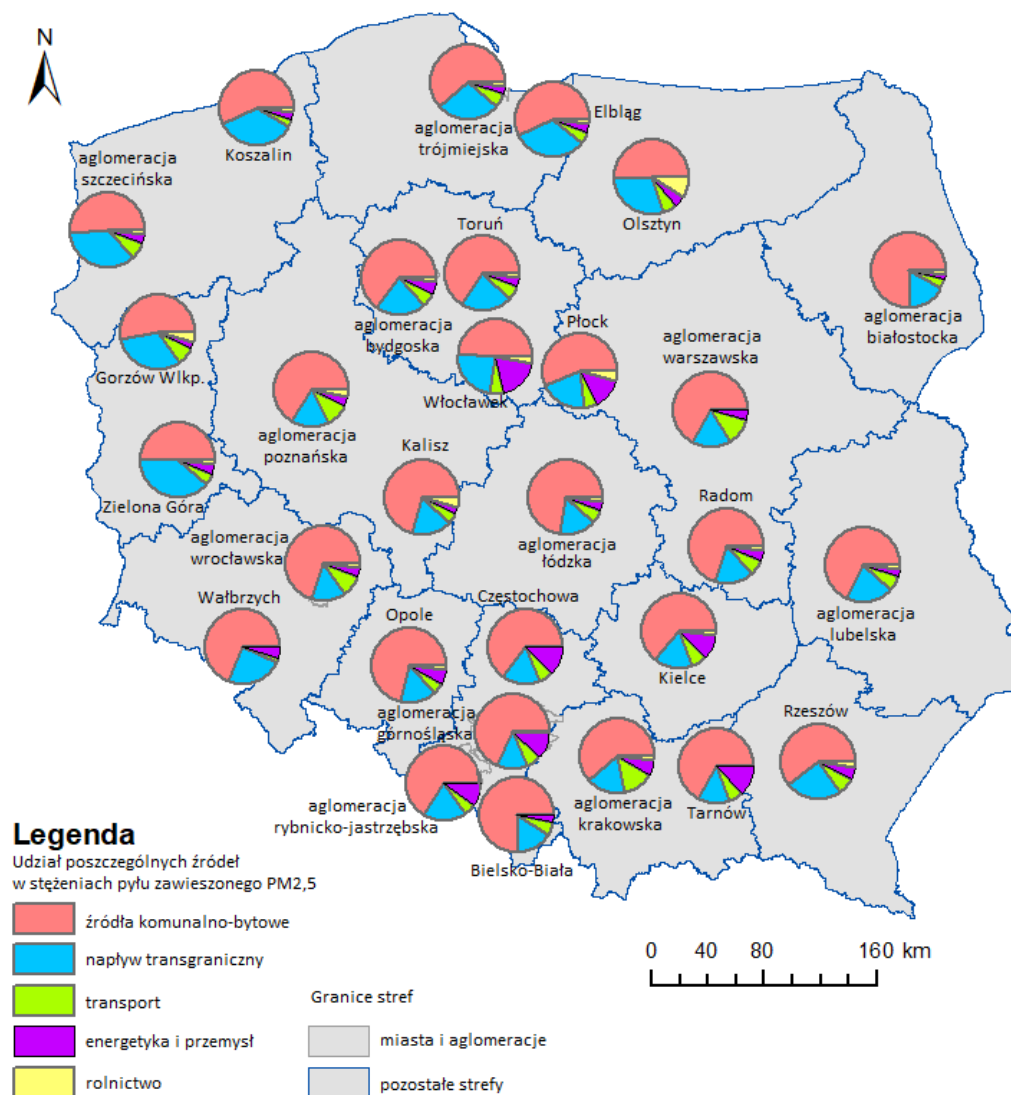
Istotnymi źródłami emisji antropogenicznej pyłu zawieszonego PM_{2,5} jest również spalanie paliw stałych w przemyśle i procesach produkcyjnych (29%) oraz transporcie (11%).

Wielkość emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5} przekłada się na stężenia tego zanieczyszczenia w powietrzu atmosferycznym. Na rysunku 11 przedstawiono udział poszczególnych sektorów w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji na podstawie których, obliczono wskaźnik średniego narażenia dla roku 2020.



Rysunek 10. Udział poszczególnych sektorów w emisji całkowitej pyłu zawieszonego PM_{2,5} w miastach i aglomeracjach, dla których obliczany był wskaźnik średniego narażenia dla roku 2020
 Źródło: Centralna Baza Emisji, KOBIZE 2021

Największy udział w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach mają źródła komunalno-bytowe. Wyjątek stanowią miasta Płock i Włocławek, na obszarze których funkcjonują duże zakłady przemysłu chemicznego. Na uwagę zasługuje również aglomeracja krakowska, na obszarze której, zrealizowane działania naprawcze spowodowały istotne ograniczenia w emisji pyłu PM_{2,5} ze źródeł komunalno-bytowych (Rysunek 10). Jednak udział emisji z tego sektora w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w mieście nadal pozostaje wysoki, ze względu na duże emisje z obszarów gmin sąsiadujących z Krakowem, gdzie działania na rzecz redukcji emisji pyłu nie są tak intensywne jak w Krakowie. W aglomeracjach: wrocławskiej, krakowskiej, warszawskiej, poznańskiej, w których występuje wzmożony ruch pojazdów widać jego wpływ na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Nie bez znaczenia na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} jest również napływ transgraniczny, który w 2020 r. miał największy udział procentowy wzdłuż zachodniej granicy kraju oraz na północy.



Rysunek 11. Udział poszczególnych źródeł w stężeniach pyłu zawieszonego PM_{2,5} w poszczególnych miastach i aglomeracjach w roku 2020 Źródło: IOŚ-PIB, 2021

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 panujące w danym okresie na określonym obszarze. Wpływają one na procesy fizykochemiczne zachodzące w atmosferze, a także oddziałują na wielkość emisji wybranych zanieczyszczeń.

Temperatura powietrza w pewnym zakresie warunkuje aktywność źródeł grzewczych w okresie jesienno-zimowym, przez co wpływa też na ilość zanieczyszczeń emitowanych z sektora komunalno-bytowego. Według danych IMGW-PIB, pod względem termicznym rok 2020 na przeważającym obszarze kraju charakteryzował się bardzo ciepłą zimą (styczeń i luty), wiosną temperatury na obszarze całego kraju mieściły się w normie. Lato było bardzo ciepłe na południu i wschodzie, lekko ciepłe na północy i zachodzie, natomiast jesień sklasyfikowana została jako anomalnie ciepła. Na obszarze całego kraju odnotowano dodatnie anomalie temperatury powietrza, najwyższe w północno-wschodniej części kraju, najniższe na południu. Średnia roczna temperatura w 2020 roku na obszarze Polski wyniosła 9,9°C. Była to wartość wyższa o 1,6°C od normy wieloletniej z lat 1981-2010, i o 0,3°C niższa od średniej dla ekstremalnie ciepłego roku 2019. Okres od grudnia 2019 roku do lutego 2020 roku, był najcieplejszym sezonem zimowym w historii pomiarów temperatury. W takich warunkach zmniejszone było zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynków, co w rezultacie spowodowało zmniejszenie niskiej emisji komunalno-bytowej pyłu (mającej decydujący wpływ na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w terenach zabudowanych), a także zmniejszenie emisji pyłu i prekursorów pyłu z ciepłowni i elektrociepłowni. W rezultacie średnie roczne stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} były w 2020 r. znacznie niższe niż w latach poprzednich. Średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla stacji uwzględnianych w obliczeniach wskaźników średniego narażenia w 2020 r. wynosiło 15,8 µg/m³ i było o ok. 28% niższe niż w stosunku do roku 2018 i ok. 11% niższe niż w roku 2019.

Mimo znaczącego spadku stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w 2020 r. w stosunku do lat ubiegłych, krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2020 r. wynosi 19 µg/m³ i mimo, że nie przekracza pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³), to nadal przekracza krajowy cel redukcji narażenia (18 µg/m³). Wskaźniki średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} w przypadku 8 miast i aglomeracji przekraczały wartość pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³). Na poziom notowanych stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} wpływ ma przede wszystkim krajowa emisja pyłu pierwotnego PM_{2,5} oraz emisja prekursorów pyłu. W miejscach z najwyższymi stężeniami, na poziom zanieczyszczenia powietrza największy wpływ ma z reguły emisja pyłu pierwotnego z niskich źródeł emisji związanych ze spalaniem paliw stałych na cele grzewcze i bytowe. Emisja pyłu zawieszonego PM_{2,5} z tej kategorii źródeł ma największy udział w emisji krajowej (49% w 2019 r.). Emitory związane z indywidualnym ogrzewaniem mieszkań i budynków usytuowane są na niewielkich wysokościach nad poziomem gruntu na obszarach zamieszkałych, wskutek czego bezpośrednio kształtują poziom zanieczyszczenia w miejscach przebywania ludzi. Drugą kategorią źródeł emisji mającą znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} jest transport drogowy. Emisje z transportu drogowego mają miejsce na niewielkiej wysokości z sieci dróg i ulic, i w związku z tym również mają znaczący wpływ na podwyższenie poziomu stężeń w strefie przebywania i zamieszkiwania ludzi.

Poprawę jakości powietrza w odniesieniu do pyłu zawieszonego PM_{2,5}, a tym samym osiągnięcie krajowego celu redukcji narażenia, można uzyskać poprzez znaczące ograniczenie emisji przede wszystkim z wymienionych wyżej kategorii źródeł, nie pomijając ograniczenia emisji z innych kategorii źródeł, w tym ze źródeł punktowych z kategorii spalanie paliw stałych w przemyśle i procesach produkcyjnych (29% łącznej emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5} z Polski) pozostających również znaczącymi emitentami prekursorów pyłu (tlenków azotu i tlenków siarki) i mających istotny wpływ na stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} na poziomie tła regionalnego.

Do ograniczenia **niskiej emisji komunalno-bytowej** (kategoria: procesy spalania paliw poza przemysłem) może prowadzić szereg działań o charakterze edukacyjnym, administracyjnym, organizacyjnym, podatkowym itp., w tym:

1. Podniesienie poziomu wiedzy ekologicznej ludności, promowanie zachowań proekologicznych

Realizacji celu dotyczącego podniesienia świadomości związanej z zagrożeniami zdrowotnymi wynikającymi z zanieczyszczenia powietrza oraz możliwościami ograniczania emisji służą kampanie społeczne prowadzone zarówno przez instytucje rządowe, samorządy lokalne, jak i organizacje pozarządowe. Przykładem mogą być: kampania „Czyste Powietrze” realizowana przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska, ogólnopolska kampania na rzecz kształtowania odpowiedzialnych postaw społecznych w kontekście troski o czyste powietrze StopSmog, który to program od 1 stycznia 2021 r. przejęło Ministerstwo Klimatu i Środowiska wraz z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej od Ministerstwa Rozwoju, Pracy i Technologii.

Istotne są również działania o charakterze edukacyjnym prowadzone przez różne organizacje społeczne i jednostki, dofinansowywane np. ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska lub funduszy wojewódzkich, czy samorządów lokalnych.

2. Promowanie zastępowania pieców i kotłów na paliwa stałe innymi źródłami ciepła, mniej uciążliwymi dla środowiska (gaz ziemny i płynny, lekki olej opałowy, źródła geotermalne, pompy ciepła, kolektory słoneczne) oraz modernizacji indywidualnych systemów grzewczych poprzez popularyzację wiedzy na ten temat i wsparcie finansowe.

Wyrazem działań o charakterze finansowo-promocyjnym jest prowadzony przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej program „Czyste Powietrze”, który skierowany do osób fizycznych i ma na celu poprawę efektywności energetycznej oraz zmniejszenie lub uniknięcie emisji pyłów i innych zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery przez domy jednorodzinne. Realizacja programu, przewidziana na lata 2018 – 2029, ma formę dotacji i/lub pożyczki uzależnionych od wysokości średniego miesięcznego dochodu na osobę w gospodarstwie domowym.

Dofinansowanie przyznane w ramach programu „Czyste Powietrze” może obejmować inwestycje z następującego zakresu:

- demontaż starych źródeł ciepła na paliwa stałe oraz zakup i montaż nowych źródeł ciepła spełniających wymagania programu;
- docieplenie przegród budynku;
- wymianę stolarki okiennej i drzwiowej;
- wymianę instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej;

- instalację odnawialnych źródeł energii (kolektorów słonecznych i instalacji fotowoltaicznej);
- montaż wentylacji mechanicznej wraz z odzyskiem ciepła.

Programy wsparcia finansowego inwestycji wymiany indywidualnych nieefektywnych urządzeń grzewczych są realizowane również przez samorządy lokalne.

3. Zakaz dystrybucji paliw stałych niespełniających wymagań jakościowych określonych w rozporządzeniu Ministra Energii z dnia 27 września 2018 r. w sprawie wymagań jakościowych dla paliw stałych (Dz.U. 2018 poz. 1890) i egzekwowanie tego zakazu; ewentualne wprowadzenie bardziej restrykcyjnych standardów jakościowych na paliwa stałe.
4. Egzekwowanie zakazu sprzedaży kotłów niespełniających wymogów określonych w rozporządzeniu Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 1 sierpnia 2017 r. w sprawie wymagań dla kotłów na paliwo stałe (Dz.U. 2017 poz. 1690).
5. Utworzenie bazy urządzeń grzewczych spełniających wymagania programu priorytetowego „Czyste Powietrze”.

W Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym, w ramach programu priorytetowego „Wsparcie Ministra Środowiska w zakresie realizacji polityki ochrony środowiska” finansowanego ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) została uruchomiona baza urządzeń grzewczych spełniających wymagania programu priorytetowego „Czyste Powietrze”. Baza umożliwia beneficjentom Programu „Czyste Powietrze” właściwy dobór urządzeń grzewczych i tym samym upraszcza proces składania, a następnie rozpatrywania przedkładanych wniosków przez Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz samorządy uczestniczące w Programie.

6. Wprowadzenie mechanizmów ograniczających problem ubóstwa energetycznego.
7. Wspieranie termoizolacji budynków, między innymi poprzez wsparcie finansowe.
8. Promowanie budownictwa energooszczędnego i pasywnego.
9. Rozwój technologii nowych paliw niskoemisyjnych.
10. Promowanie budowy i stosowania odnawialnych źródeł energii.
11. Rozwój energetyki geotermalnej.
12. Rozwój i modernizacja systemów zaopatrzenia w ciepło sieciowe.
13. Wprowadzanie lokalnych ograniczeń stosowania paliw stałych do ogrzewania budynków i podgrzewania wody na wybranych obszarach; z jednoczesnym wdrożeniem systemu wsparcia finansowego przebudowy instalacji grzewczej.
14. Wprowadzenie do regulaminów porządku publicznego zakazu spalania odpadów roślinnych (ścięta trawa, liście, chwasty, świeżo ścięte gałęzie, ścinki z żywopłotów itp.) z przydomowych ogródków i z ogródków działkowych oraz zorganizowanie bardziej efektywnego systemu odbioru odpadów zielonych.
15. Egzekwowanie zakazu spalania odpadów w paleniskach domowych, kotłach, piecach i ogniskach.
16. Rozbudowa systemów dystrybucji sieciowego gazu ziemnego.

17. Prowadzenie odpowiedniej polityki podatkowej zachęcającej do stosowania mniej emisyjnych paliw (gaz ziemny, gaz płynny, lekki olej opałowy) lub źródeł energii odnawialnej w miejsce paliw uciążliwych dla środowiska.

18. Wprowadzenie zakazu spalania resztek roślinnych na polach.

Część z wymienionych powyżej działań została uwzględniona w przyjmowanych na poziomie województw uchwałach antysmogowych. Zgodnie z zapisami art. 96. ustawy – Poś „sejmik województwa może, w drodze uchwały, w celu zapobieżenia negatywnemu oddziaływaniu na środowisko lub na zabytki określić dla terenu województwa bądź jego części rodzaje lub jakość paliw dopuszczonych do stosowania, a także sposób realizacji i kontroli tego obowiązku”. Uchwały antysmogowe są aktami prawa miejscowego. Podmiotami uprawnionymi do kontroli mieszkańców są organy samorządowe: wójtowie, burmistrzowie i prezydenci miast oraz upoważnieni przez nich pracownicy urzędów gmin lub straży gminnych. Uprawnieniami kontrolnymi oraz możliwością nakładania mandatów karnych dysponuje również Policja, a w przypadku podmiotów prowadzących działalność gospodarczą Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska⁴.

Uchwały antysmogowe zostały przyjęte dla województw⁵:

- małopolskiego - uchwała z dnia 23 stycznia 2017 r.,
- śląskiego - uchwała z dnia 7 kwietnia 2017 r.
- dolnośląskiego - uchwała z dnia 30 listopada 2017 r.
- mazowieckiego - uchwała z dnia 24 października 2017 r.
- łódzkiego - uchwała z dnia 24 października 2017 r.
- wielkopolskiego - uchwała z dnia 18 grudnia 2017 r.
- opolskiego - 26 września 2017 r.
- podkarpackiego - uchwała z dnia 23 kwietnia 2018 r.
- lubuskiego - uchwała z dnia 18 czerwca 2018 r.
- kujawsko-pomorskiego – uchwała z dnia 24 czerwca 2019 r.
- zachodniopomorskiego – uchwała z dnia 26 września 2018 r.
- świętokrzyskiego – uchwała z dnia 29 czerwca 2020 r.
- pomorskiego – uchwała z dnia 28 września 2020 r.
- lubelskiego – uchwała z dnia 19 lutego 2021 r.

Przykładem są obowiązujące przepisy zakazujące stosowania paliw stałych od 1 września 2019 roku na obszarze Krakowa⁶. Oznacza to, że w Krakowie w instalacjach spalania paliw dopuszczone jest stosowanie wyłącznie paliw gazowych lub lekkiego oleju opałowego. Należy podkreślić, że przepisy te dotyczą również wytwarzania ciepła na cele niegrzewcze i nie ograniczają się wyłącznie do budynków prywatnych. Obejmują również okazjonalne używanie kominków, ogrzewanie budynków gospodarczych, instytucji publicznych, szklarni i tuneli, suszarni i obiektów gastronomicznych.

⁴ <https://powietrze.malopolska.pl/antysmogowa/>

⁵ Stan na 25 lutego 2021 r.

⁶ Uchwała Nr XVIII/243/16 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 15 stycznia 2016 r. w sprawie wprowadzenia na obszarze Gminy Miejskiej Kraków ograniczeń w zakresie eksploatacji instalacji, w których następuje spalanie paliw.

Emisje pyłu zawieszonego PM_{2,5} związane z **transportem drogowym** można ograniczyć między innymi poprzez:

1. Rozwój i wspieranie systemów transportu publicznego (w tym z taborem niskoemisyjnym) w celu ograniczenia intensywności ruchu pojazdów indywidualnych.

Celem tego typu działań jest pośrednie ograniczenie intensywności ruchu pojazdów indywidualnych na rzecz transportu publicznego. Tego typu działania podejmowane są głównie na szczeblu lokalnym w ramach Miejskich Polityk Transportowych, czy Polityk Mobilności oraz wspieranych przez NFOŚiGW Gminnych Strategii Elektromobilności.

2. Wdrażanie systemów organizacji ruchu prowadzących do ograniczenia emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych.

Działania te obejmują zarówno zmiany organizacji ruchu, jak i budowę i wdrażanie rozwiązań technicznych, tzw. inteligentnych systemów transportowych (ITS). Ich prawidłowe zaprojektowanie oraz budowa mogą prowadzić do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń, poprzez np. właściwe rozłożenie potoków ruchu, zwłaszcza w sytuacjach epizodów wysokich stężeń pyłu, spowodowanych np. warunkami meteorologicznymi, zwiększenie płynności ruchu i zmniejszenie kongestii, sterowanie utrzymania prędkością przejazdów, dostarczanie odpowiednich bieżących informacji kierowcom dotyczących np. warunków ruchu i sugestii określonych zachowań, rozwiązania wspierające uprzywilejowanie pojazdów transportu zbiorowego, czy zarządzanie miejscami parkingowymi w mieście, które w połączeniu z przekazywaniem informacji kierowcom może prowadzić do zmniejszenia zbędnego ruchu związanego z ich poszukiwaniem.

Rozwiązania ITS zostały już wdrożone w części polskich miast, w kilku innych są aktualnie projektowane i budowane. Mogą być one elementem wcielania w życie coraz bardziej popularnej idei tzw. „Smart City”, mającej na celu, poprzez wykorzystanie odpowiednich rozwiązań technicznych i organizacyjnych, a także dostarczenie oraz przetwarzanie i wykorzystanie szeregu różnego rodzaju danych i informacji, zwiększenia efektywności zarządzania miastem (w tym zarządzania jakością powietrza) i w konsekwencji podniesienia jakości życia mieszkańców.

3. Wydzielanie w miastach stref dla ruchu pieszego z ograniczonym dostępem pojazdów samochodowych (wdrażanie LEZ – *ang. Low Emission Zones*); wprowadzanie opłat za wjazd do wydzielonych części centralnych miast, opłat uzależnionych od klasy uciążliwości pojazdu.

Przepisów w tym zakresie w Polsce obecnie nie ma, ale samorządy miast mających problemy z jakością powietrza mogą ustanowić na swoim terenie strefy ograniczonego wjazdu w oparciu o Ustawę o elektromobilności⁷. Ustawa określa:

- zasady rozwoju i funkcjonowania infrastruktury służącej do wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie, w tym wymagania techniczne, jakie ma spełniać ta infrastruktura;
- obowiązki podmiotów publicznych w zakresie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych;
- obowiązki informacyjne w zakresie paliw alternatywnych;

⁷ Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. 2018 poz. 317).

- warunki funkcjonowania stref czystego transportu;
 - krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych oraz sposób ich realizacji.
4. Organizację stref płatnego parkowania z dostateczną liczbą miejsc parkingowych.
 5. Wprowadzanie opłat za wjazd do wydzielonych części centralnych miast, opłat uzależnionych od klasy uciążliwości pojazdu.
 6. Eliminowanie z ruchu pojazdów niespełniających norm emisyjnych (okresowe badania techniczne, kontrole drogowe).
 7. Opracowanie systemu zachęt do wymiany samochodów na nowe pojazdy niskoemisyjne (np. hybrydowe, wodorowe, elektryczne).
 8. Rozwój elektromobilności, w tym rozwój infrastruktury niezbędnej do upowszechnienia samochodów z napędem elektrycznym.
 9. Opracowanie instrumentów skłaniających do ograniczania przewozu ładunków transportem samochodowym na rzecz kolei i transportu wodnego.
 10. Rozwój infrastruktury kolejowej i sieci połączeń kolejowych oraz odpowiednie kształtowanie taryf biletowych w celu zachęty do podróżowania koleją zamiast samochodami osobowymi i autobusami.
 11. Budowę parkingów typu park&ride oraz park&bike na obrzeżach miast.
 12. Rozbudowę systemu ścieżek rowerowych i wprowadzanie ułatwień ruchu dla rowerzystów.
 13. Budowę obwodnic miast i miejscowości.
 14. Modernizację i przebudowę dróg, w tym z zastosowaniem technologii ograniczających emisje ze ścierania nawierzchni drogi.

Do poprawy jakości powietrza w zakresie pyłu zawieszonego PM_{2,5} przyczyniają się również działania na rzecz ograniczenia emisji ze źródeł punktowych będących znaczącymi emitentami prekursorów pyłu.

7. Wnioski końcowe

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} dla 2020 roku wynosi 19 µg/m³. Wartość ta jest o 2 µg/m³ mniejsza od wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia dla roku 2019 oraz o 3 µg/m³ mniejsza od wskaźnika w latach 2016-2018. Jest to kolejny rok, w którym odnotowano spadek wartości krajowego wskaźnika narażenia na pył zawieszony PM_{2,5}.

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2020 r. jest o 5% mniejsza od pułapu stężenia ekspozycji (20 µg/m³) będącego w tym względzie standardem jakości powietrza, który należy dotrzymywać od roku 2015. Wskaźnik ten o 1 µg/m³ (6 %) przekroczył krajowy cel redukcji narażenia na pył zawieszony PM_{2,5} (18 µg/m³), który był do osiągnięcia do roku 2020.

Najwyższe wartości wskaźników średniego narażenia w 2020 r. wystąpiły w południowej i środkowej Polsce. W 8 miastach i aglomeracjach wskaźnik średniego narażenia był w 2020 r. (w 2019 - 14) wyższy od pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w 21 niższy lub równy tej wartości. W pasie od województwa zachodniopomorskiego do podlaskiego oraz w województwach lubuskim, lubelskim i świętokrzyskim wartości wskaźników nie przekroczyły pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Najniższą wartość wskaźnika, spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji, uzyskano dla aglomeracji trójmiejskiej - $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i miast: Zielona Góra i Koszalin - $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe wartości wskaźnika uzyskano dla aglomeracji górnośląskiej i aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej - $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz miasta Bielsko-Biała - $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Największy spadek wskaźnika (o $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) odnotowano w aglomeracji krakowskiej z $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W 27 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika w 2020 r. była niższa od wartości z roku 2019 (spadek od 1 do $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W żadnym mieście lub aglomeracji nie stwierdzono wzrostu wskaźnika. W aglomeracji białostockiej i mieście Kielce wartość wskaźnika nie zmieniła się.

W latach 2010-2014 odnotowywano coroczny spadek emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5} z terenu Polski, z $151,5 \text{ Gg}/\text{rok}$ w 2010 r. do $125,9 \text{ Gg}/\text{rok}$ w 2015. W kolejnych latach emisja pyłu zawieszonego PM_{2,5}, co roku zwiększała się i w roku 2017 osiągnęła wielkość $133,2 \text{ Gg}/\text{rok}$. Największy wpływ na ten wzrost miało zwiększenie zużycia węgla kamiennego i drewna na cele grzewcze w gospodarstwach domowych oraz wzrost zużycia węgla kamiennego i drewna w przemyśle, a także wzrost emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5} z transportu drogowego (KOBIZE 2019). W latach 2018-2019 ponownie nastąpiło zmniejszenie rocznej emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5}. Emisja pyłu pierwotnego PM_{2,5} w Polsce w 2019 r. wyniosła $121,7 \text{ Gg}$ i była o 6,5% mniejsza aniżeli w roku 2018 (KOBIZE 2020). Największy wpływ na tę zmianę miał spadek zużycia węgla kamiennego i drewna w sektorze komunalno-bytowym.

Dla ograniczenia zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{2,5} konieczne jest ograniczenie emisji pyłu i jego prekursorów ze wszystkich sektorów gospodarki. Mając na uwadze fakt, że największy wpływ na powstawanie wysokich stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w Polsce ma emisja z procesów spalania paliw poza przemysłem (przede wszystkim związana z indywidualnym ogrzewaniem budynków i zaspokajaniem innych potrzeb bytowych), ograniczenie emisji zanieczyszczeń z tych procesów będzie skutkowało istotną poprawą jakości powietrza, w tym dalszym obniżaniem stężeń pyłu zawieszonego PM_{2,5} w powietrzu. Do istotnej redukcji emisji zanieczyszczeń do powietrza z sektora komunalno-bytowego może się przyczynić efektywna realizacja, zainicjowanego w 2018 roku, programu „Czyste Powietrze”.

Jednocześnie, w celu uzyskania trwałej poprawy jakości powietrza, należy dążyć do ograniczania emisji pyłu zawieszonego PM_{2,5} ze źródeł punktowych i transportu drogowego.

Podsumowując podkreślić należy, 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 pracy

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji (Dz. U. 2012 poz. 1029).
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012 poz. 1031).
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. MK,2020. Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2018, Raport syntetyczny, KOBIZE- IOŚ-PIB, Warszawa.
6. KOBIZE-IOŚ-PIB, 2019. Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO w układzie klasyfikacji SNAP, Raport syntetyczny, Warszawa.
7. Baza danych GIOŚ (JPOAT2,0).
8. Roczne oceny jakości powietrza za rok 2020.
9. http://cdr.eionet.europa.eu/pl/un/clrtap/inventories/envycpbta/Annex I PL LRTAP_1_990-2019.xlsx/manage_document.
10. <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2021-submission>.
11. <https://klimat.imgw.pl/>.