



INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA

WSKAŹNIKI ŚREDNIEGO NARAŻENIA NA PYŁ PM_{2,5} DLA MIAST POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW I AGLOMERACJI ORAZ KRAJOWY WSKAŹNIK ŚREDNIEGO NARAŻENIA W 2015 ROKU.

Warszawa, 2016



Opracowano w Departamencie Monitoringu i Informacji o Środowisku Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w oparciu o raport pt. „*Wskaźniki średniego narażenia dla pyłu PM_{2,5} w Polsce w 2015 roku*” (opracowany przez zespół w składzie: Jacek Iwanek, Dominik Kobus, Jakub Kostrzewa, Renata Parvi) wykonany w ramach pracy pt.: „*Przetworzenie danych i wykonanie zbiorczych ocen jakości powietrza w Polsce na podstawie badań Państwowego Monitoringu Środowiska, wg prawa krajowego i wymagań sprawozdawczości europejskiej w latach 2016-2018*” realizowanej przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska na podstawie umowy nr 5/2015/F z dnia 22.04.2015 r., finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr 664/2014/Wn50/MN-PO-CR/D z dnia 19.09.2014 r.

1) Informacja na temat wartości wskaźników średniego narażenia na pył PM_{2,5} w 2015 r.

Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia na pył PM_{2,5} dla 2015 roku wynosi: **23 µg/m³**. Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tys. dla roku 2015 zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1 Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył PM_{2,5} dla poszczególnych aglomeracji i miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tys. dla 2015 r.

Województwo	Strefa	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla roku 2015 [µg/m ³]
dolnośląskie	Aglomeracja Wrocławska	25
	miasto Legnica	25
	miasto Wałbrzych	22
kujawsko-pomorskie	Aglomeracja Bydgoska	18
	miasto Toruń	19
	miasto Włocławek	19
lubelskie	Aglomeracja Lubelska	22
lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	16
	miasto Zielona Góra	20
łódzkie	Aglomeracja Łódzka	23
małopolskie	Aglomeracja Krakowska	33
	miasto Tarnów	26
mazowieckie	Aglomeracja Warszawska	23
	miasto Płock	23
	miasto Radom	25
opolskie	miasto Opole	22
podkarpackie	miasto Rzeszów	24
podlaskie	Aglomeracja Białostocka	21
pomorskie	Aglomeracja Trójmiejska	15
śląskie	Aglomeracja Górnośląska	32
	Aglomeracja Rybnicko-Jastrzębska	29
	miasto Bielsko-Biała	29
	miasto Częstochowa	28
świętokrzyskie	miasto Kielce	27
warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	16
	miasto Elbląg	16
wielkopolskie	Aglomeracja Poznańska	25
	miasto Kalisz	28
zachodniopomorskie	Aglomeracja Szczecińska	16
	miasto Koszalin	14

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 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. z 2012 r., poz. 1031), a krajowy cel redukcji narażenia na pył PM_{2,5} został określony rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2012 r. w sprawie krajowego celu redukcji narażenia (Dz. U. z 2012 r., poz. 1030).

Definicje ww. norm są zawarte w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2013 r., poz. 1232 z późn. zm.) i tak:

- **pułap stężenia ekspozycji** jest 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 PM_{2,5};
- **krajowy cel redukcji narażenia** jest 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 PM_{2,5}.

Tabela 2. Pułap stężenia ekspozycji i krajowy wskaźnik średniego narażenia

Nazwa zanieczyszczenia	Okres uśredniania wyników pomiarów	Nazwa wartości normowanej	Wartość ³⁾ µg/m ³	Termin osiągnięcia
Pył PM _{2,5}	trzy lata kalendarzowe ²⁾	pułap stężenia ekspozycji	20¹⁾	2015
	trzy lata kalendarzowe ²⁾	krajowy cel redukcji narażenia	18¹⁾	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 PM_{2,5}.

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

2) Informacja na temat sposobu obliczenia wskaźnika średniego narażenia

Podstawę obliczeń stanowiły stężenia pyłu PM_{2,5} uzyskane z pomiarów prowadzonych w latach 2013, 2014 i 2015 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. poz. 1029), wskaźnik średniego narażenia dla pyłu 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. 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 3.

Tabela 3. Stanowiska pomiarowe stężeń pyłu PM_{2,5}, z których dane wykorzystano do obliczenia wskaźników dla miast i aglomeracji oraz do obliczania krajowego wskaźnika średniego narażenia

Lp.	Województwo	Strefa	Kod stacji
1.	dolnośląskie	Aglomeracja Wrocławska	DsWrocNaGrob
		miasto Legnica	DsLegAlRzecz
		miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso
2.	kujawsko-pomorskie	Aglomeracja Bydgoska	KpBydBerling
		miasto Toruń	KpToruDziewu
		miasto Włocławek	KpWlocSiels
3.	lubelskie	Aglomeracja Lubelska	LbLubSliwins
4.	lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	LuGorzPilsud
		miasto Zielona Góra	LuZielKrotka
5.	łódzkie	Aglomeracja Łódzka	LdLodzCzerni
6.	małopolskie	Aglomeracja Krakowska	MpKrakBujaka
		miasto Tarnów	MpTarBitStud
7.	mazowieckie	Agglomeracja Warszawska	MzWarKondrat
			MzWarWokalna
		miasto Płock	MzPlocKroJad
		miasto Radom	MzRadHallera
8.	opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr
9.	podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta
10.	podlaskie	Aglomeracja Białostocka	PdBialWarsza
11.	pomorskie	Aglomeracja Trójmiejska	PmGdaPowWiel
12.	śląskie	Agglomeracja Górnośląska	SlGliwicMewy
			SlKatoKossut
		Aglomeracja Rybnicko-Jastrzębska	SlZorySikors
		miasto Bielsko-Biała	SlBielSterni
		miasto Częstochowa	SlCzestoZana
13.	świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielJagiel
14.	warmińsko-mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkina
		miasto Elbląg	WmElbBazynsk
15.	wielkopolskie	Aglomeracja Poznańska	WpPoznPolank
		miasto Kalisz	WpKaliSawick
16.	zachodniopomorskie	Aglomeracja Szczecińska	ZpSzczAndr01
		miasto Koszalin	ZpKoszSpasow

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie sposobu obliczania wskaźników średniego narażenia oraz sposobu oceny dotrzymania pułapu stężenia ekspozycji, wskaźnik średniego narażenia WM₂₀₁₅ dla miasta i aglomeracji oblicza się zgodnie ze wzorem:

$$WM_{2015} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n_{2013}} Sa_{i2013}}{n_{2013}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2014}} Sa_{i2014}}{n_{2014}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_{2015}} Sa_{i2015}}{n_{2015}} \right\}$$

gdzie:

- | | | |
|--|---|---|
| WM_{2015} | – | wskaźnik średniego narażenia dla miasta o liczbie mieszkańców większej od 100 tysięcy i aglomeracji, dla roku 2015; |
| $Sa_{i\ 2013}, Sa_{i\ 2014}, Sa_{i\ 2015}$ | – | średnie roczne stężenie pyłu $PM_{2,5}$ na i -tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2013, 2014 i 2015; |
| $n_{2013}, n_{2014}, n_{2015}$ | – | 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 2013, 2014 i 2015. |

Krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2015 oblicza się zgodnie z wzorem:

$$WK_{2015} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{p_{2013}} Sa_{i2013}}{p_{2013}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2014}} Sa_{i2014}}{p_{2014}} + \frac{\sum_{i=1}^{p_{2015}} Sa_{i2015}}{p_{2015}} \right\}$$

gdzie:

- | | | |
|--|---|--|
| WK_{2015} | – | krajowy wskaźnik średniego narażenia dla roku 2015; |
| $Sa_{i\ 2013}, Sa_{i\ 2014}, Sa_{i\ 2015}$ | – | średnie roczne stężenie pyłu $PM_{2,5}$ na i -tym stanowisku pomiarowym, odpowiednio w latach 2013, 2014 i 2015; |
| $p_{2013}, p_{2014}, p_{2015}$ | – | liczba stanowisk pomiarowych, z których wyniki pomiarów uwzględniono w obliczeniu krajowego wskaźnika średniego narażenia, odpowiednio w latach 2013, 2014 i 2015. |

3) Informacja na temat sposobu prowadzenia pomiarów pyłu PM_{2,5} na potrzeby obliczania wskaźników średniego narażenia

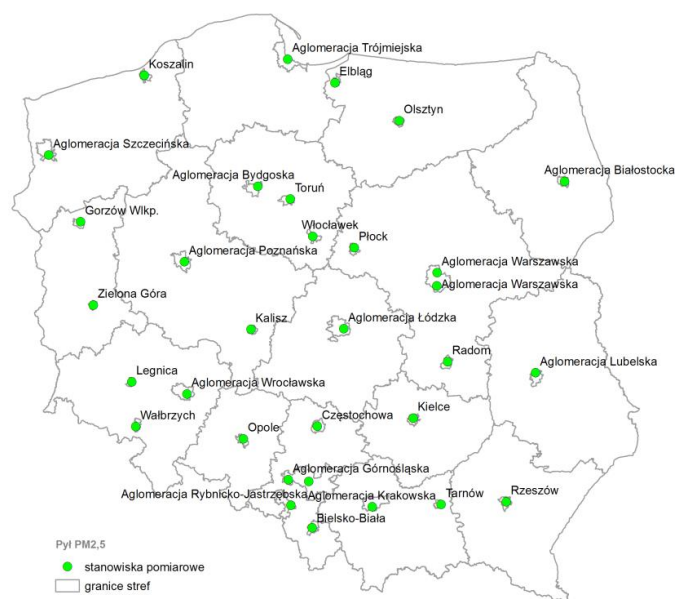
Dyrektywa 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy wprowadzając wskaźnik średniego narażenia definiuje go jako średni poziom substancji w powietrzu określony na podstawie pomiarów przeprowadzonych w obszarze tła miejskiego, odzwierciedlający narażenie ludności na działanie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

Transponując przepisy ww. dyrektywy do prawodawstwa polskiego zdefiniowano zarówno krajowy wskaźnik średniego narażenia na pył 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 od 2010 roku na obszarach tła miejskiego. W systemie pomiarowym funkcjonują 32 stanowiska pomiarowe zlokalizowane w 30 miastach i aglomeracjach. 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. Pomiary pyłu PM_{2,5} służące do obliczania wskaźników średniego narażenia są prowadzone wyłącznie metodą manualną, za pomocą poborników niskoprzepływowych (LVS). Metoda ta zgodnie 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 są prowadzone przez wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska.

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



Rysunek 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych, w których prowadzone są pomiary stężenia pyłu PM_{2,5} na potrzeby obliczenia krajowego wskaźnika średniego narażenia (mapa wykonana przez IOŚ-PIB na podstawie danych GIOŚ)

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

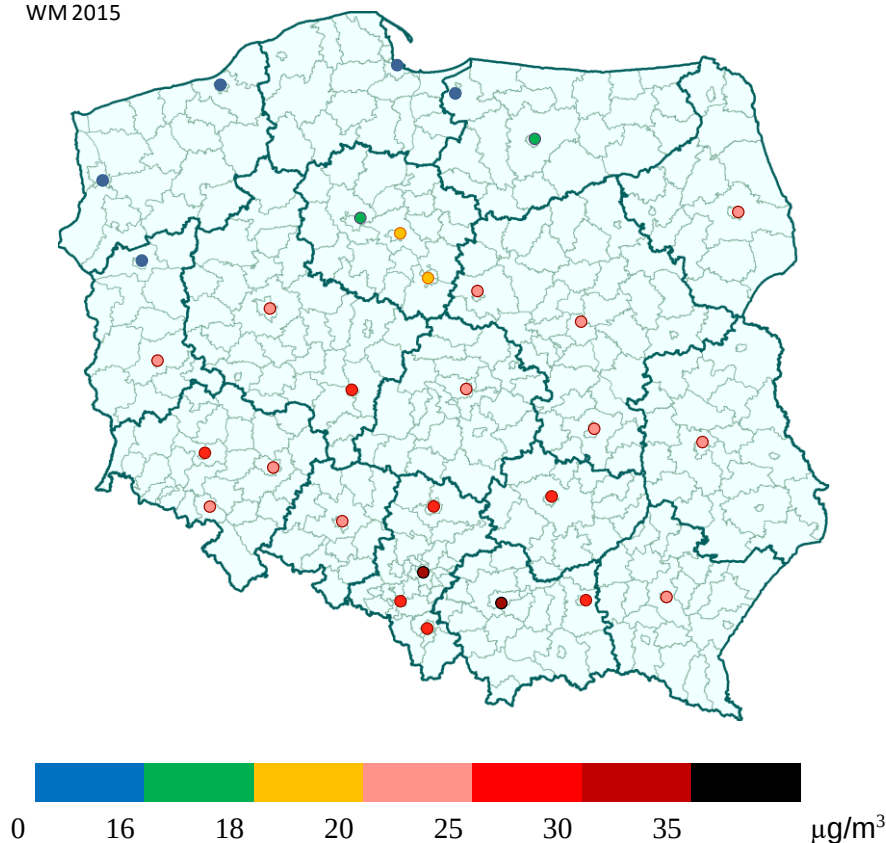
Roczne serie pomiarowe stężeń pyłu PM_{2,5} z 2015 roku, wykorzystane do obliczenia wskaźnika średniego narażenia, podlegały dwustopniowej kontroli. Pierwszym stopniem była weryfikacja danych na poziomie poszczególnych województw, prowadzona przez wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska. Drugim etapem było przeprowadzenie przeglądu wyników na poziomie krajowym – w Instytucie Ochrony Środowiska - PIB. Serie pomiarowe z lat 2013 i 2014 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 32 serie pomiarowe z 2013 r. Kompletność 30 serii przekraczała 90%.

W przypadku serii wyników pomiarów stężeń PM_{2,5} z 2014 r., 30 serii z 32 (94%) spełniało wymagania dotyczące kompletności danych określone w Wytycznych Komisji Europejskiej. W przypadku 27 spośród 32 serii (84%) pomiary obejmowały co najmniej 90% dni 2014 roku.

W 2015 r. wszystkie serie wyników pomiarów stężeń PM_{2,5} spełniały wymagania dotyczące kompletności danych określone w Wytycznych Komisji Europejskiej. W przypadku 30 spośród 32 serii pomiary obejmowały co najmniej 90% dni 2015 roku.

WM 2015



Rysunek 2. Wskaźniki średniego narażenia dla 2015 r. Źródło danych: Państwowy Monitoring Środowiska - Inspekcja Ochrony Środowiska. Opracowanie: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Tabela 4. Wartości średnich rocznych stężeń pyłu PM_{2,5} na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w latach 2013-2015; wartości wskaźnika średniego narażenia dla pyłu PM_{2,5} dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2015 roku

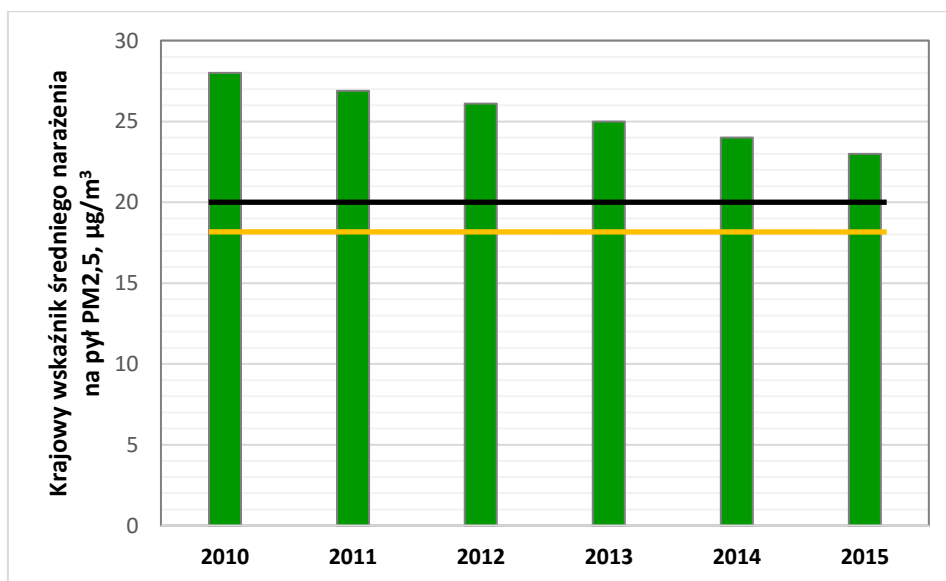
Lp.	Województwo	Strefa	Kod stacji	Stężenie średnie roczne w 2013 r. [µg/m ³]	Stężenie średnie roczne w 2014 r. [µg/m ³]	Stężenie średnie roczne w 2015 r. [µg/m ³]	Stężenie średnie roczne uśrednione w latach 2013- 2015 [µg/m ³]	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla 2015 r. [µg/m ³] ¹⁾
1	dolnośląskie	Agglomeracja Wrocławska	DsWrocNaGrob	27,8	23,1	22,9	24,6	25
		miasto Legnica	DsLegAlRzecz	26,7	26,6	22,9	25,4	25
		miasto Wałbrzych	DsWalbrzWyso	23,8	24,4	18,9	22,4	22
2	kujawsko- pomorskie	Agglomeracja Bydgoska	KpBydBerling	18,3	19,3	15,8	17,8	18
		miasto Toruń	KpToruDziewu	16,5	21,1	18,9	18,8	19
		miasto Włocławek	KpWlocSiels	19,1	20,9	18,4	19,5	19
3	lubelskie	Agglomeracja Lubelska	LbLubSliwins	21,4	23,0	21,3	21,9	22
4	lubuskie	miasto Gorzów Wlkp.	LuGorzPilsud	16,4	14,8	16,6	15,9	16
		miasto Zielona Góra	LuZielKrotka	20,4	21,6	19,2	20,4	20
5	łódzkie	Agglomeracja Łódzka	LdLodzCzerni	23,0	24,3	22,1	23,1	23
6	małopolskie	Agglomeracja Krakowska	MpKrakBujaka	33,4	33,0	33,7	33,4	33
		miasto Tarnów	MpTarBitStud	27,1	25,5	25,2	25,9	26
7	mazowieckie	Agglomeracja Warszawska	MzWarKondrat	23,6	25,5	23,6	24,3	23
			MzWarWokalna	22,4	23,0	21,0	22,1	
		miasto Płock	MzPlocKroJad	22,1	24,0	21,4	22,5	23
		miasto Radom	MzRadHallera	24,3	24,5	25,0	24,6	25
8	opolskie	miasto Opole	OpOpoleOsAKr	23,7	21,3	21,2	22,1	22
9	podkarpackie	miasto Rzeszów	PkRzeszRejta	25,1	23,4	22,8	23,8	24
10	podlaskie	Agglomeracja Białostocka	PdBialWarsza	19,3	21,9	21,2	20,8	21
11	pomorskie	Agglomeracja Trójmiejska	PmGdaPowWiel	13,8	17,6	14,2	15,2	15
12	śląskie	Agglomeracja Górnośląska	SlGliwicMewy	34,6	36,6	30,6	33,9	32
			SlKatoKossut	33,0	32,5	27,3	30,9	
		Agglomeracja Rybnicko- Jastrzębska	SlZorySikors	31,4	28,4	27,8	29,2	29
		miasto Bielsko- Biała	SlBielSterni	33,6	28,7	25,9	29,4	29
		miasto Częstochowa	SlCzestoZana	28,6	29,7	26,0	28,1	28
13	świętokrzyskie	miasto Kielce	SkKielJagiel	28,8	26,8	25,6	27,1	27
14	warmińsko- mazurskie	miasto Olsztyn	WmOlsPuszkina	16,2	16,5	16,7	16,5	16
		miasto Elbląg	WmElbBazynsk	17,3	15,5	14,9	15,9	16

Lp.	Województwo	Strefa	Kod stacji	Stężenie średnie roczne w 2013 r. [µg/m³]	Stężenie średnie roczne w 2014 r. [µg/m³]	Stężenie średnie roczne w 2015 r. [µg/m³]	Stężenie średnie roczne uśrednione w latach 2013- 2015 [µg/m³]	Wartość wskaźnika średniego narażenia dla 2015 r. [µg/m3] ¹⁾
15	wielkopolskie	Aglomeracja Poznańska	WpPoznPolank	23,4	26,4	24,4	24,7	25
		miasto Kalisz	WpKaliSawick	27,7	29,0	27,2	28,0	28
16	zachodnio- pomorskie	Aglomeracja Szczecińska	ZpSzczAndr01	13,9	18,2	15,4	15,8	16
		miasto Koszalin	ZpKoszSpasow	11,9	16,6	13,5	14,0	14
Średnia dla kraju				23,4	23,9	21,9	23,1	23

¹⁾ Wartość zaokrąglona zgodnie z zasadami określonymi w Wytycznych Komisji Europejskiej do Decyzji 2011/850/UE

5) *Analiza zmian wartości wskaźników średniego narażenia na pył w latach 2010-2015 oraz przyczyn występowania ponadnormatywnych stężeń*

Krajowy wskaźnik średniego narażenia na pył PM_{2,5} dla 2015 roku wynosi 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Jest to wartość o 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ niższa od wartości wskaźnika dla 2014 r. i 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ niższa od wartości wskaźnika z 2013 r. (Rysunek 3.). Wartość krajowego wskaźnika średniego narażenia dla 2015 r. przekroczyła jednak o 15% pułap stężenia ekspozycji (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) będący w tym względzie standardem jakości powietrza, który należy dotrzymywać od roku 2015. Wskaźnik ten również znacząco przekroczył krajowy cel redukcji narażenia na pył PM_{2,5} (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), do osiągnięcia do roku 2020.



Rysunek 3. Krajowe wskaźniki średniego narażenia na pył PM_{2,5} w latach 2010-2015 w odniesieniu do: (a) krajowego celu redukcji narażenia (linia żółta); (b) pułapu stężenia ekspozycji (linia czarna)

Najniższą wartość wskaźnika, spośród obliczonych dla poszczególnych miast i aglomeracji, uzyskano dla miasta Koszalina ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Aglomeracji Trójmiejskiej ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Najwyższe wartości wskaźnika, podobnie jak w latach ubiegłych, uzyskano dla Aglomeracji Krakowskiej ($33 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz dla Aglomeracji Górnośląskiej ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W 21 miastach i aglomeracjach wskaźnik średniego narażenia był w 2015 r. wyższy od pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w 9 niższy od lub równy tej wartości.

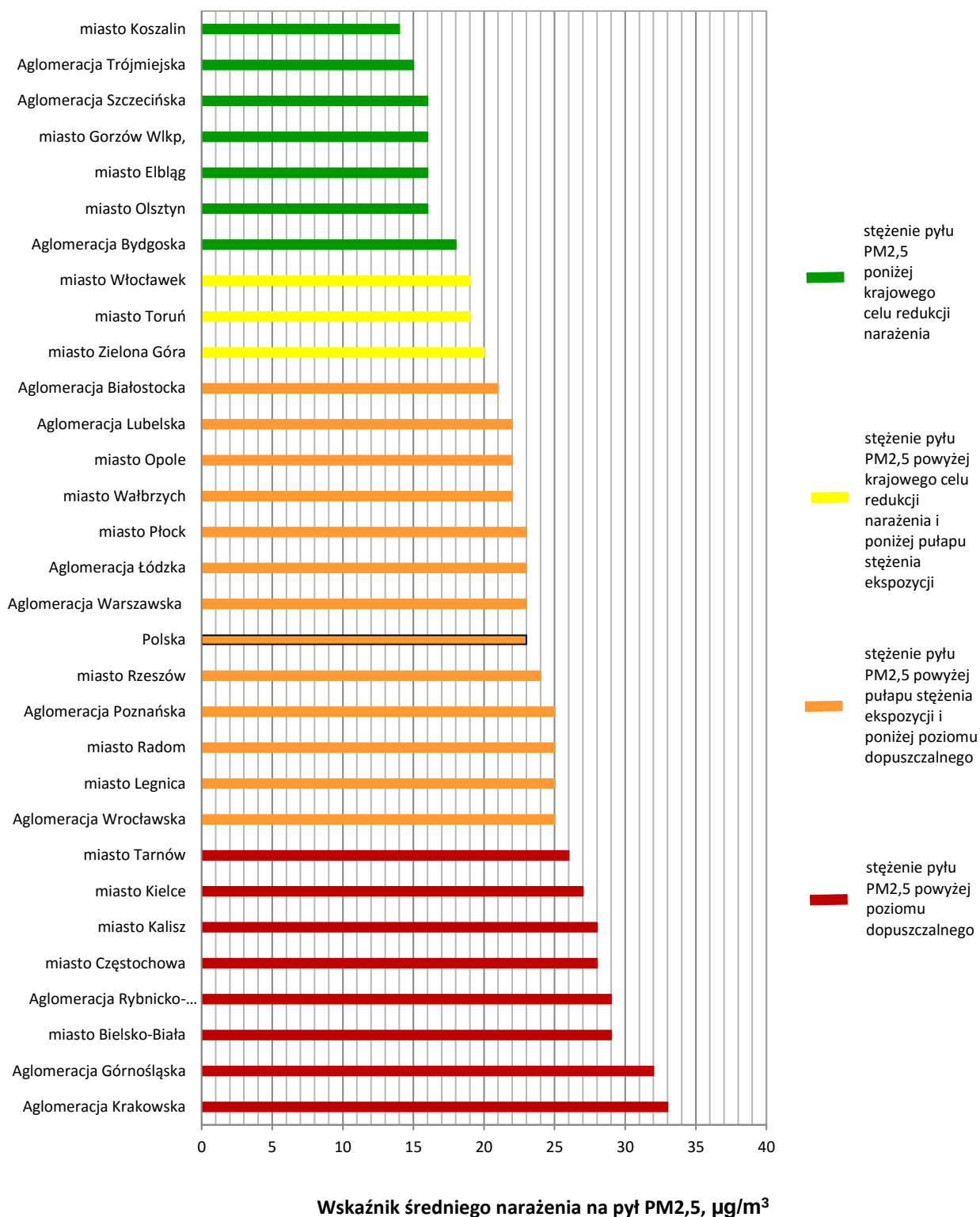
W miastach i aglomeracjach południowej części Polski wskaźniki są z reguły wyższe niż w centrum i na północy kraju (Rysunek 4). W dwóch aglomeracjach w tym rejonie Polski wartości wskaźnika WM przekraczają $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W pasie województw północnych, od woj. zachodniopomorskiego do warmińsko-mazurskiego i dodatkowo w woj. kujawsko-pomorskim, wartości wskaźników WM nie przekraczają pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W 19 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika w 2015 r. była niższa od wartości z roku 2014 od 1 do $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Największe spadki wskaźnika w stosunku do wartości z 2014 r. – o $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – wystąpiły w Aglomeracji Krakowskiej, Tarnowie i Bielsku-Białej. W dwóch miastach nastąpił wzrost wskaźnika: w Koszalinie o $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w Toruniu o $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W 9 miastach i aglomeracjach wartość wskaźnika nie zmieniła się.

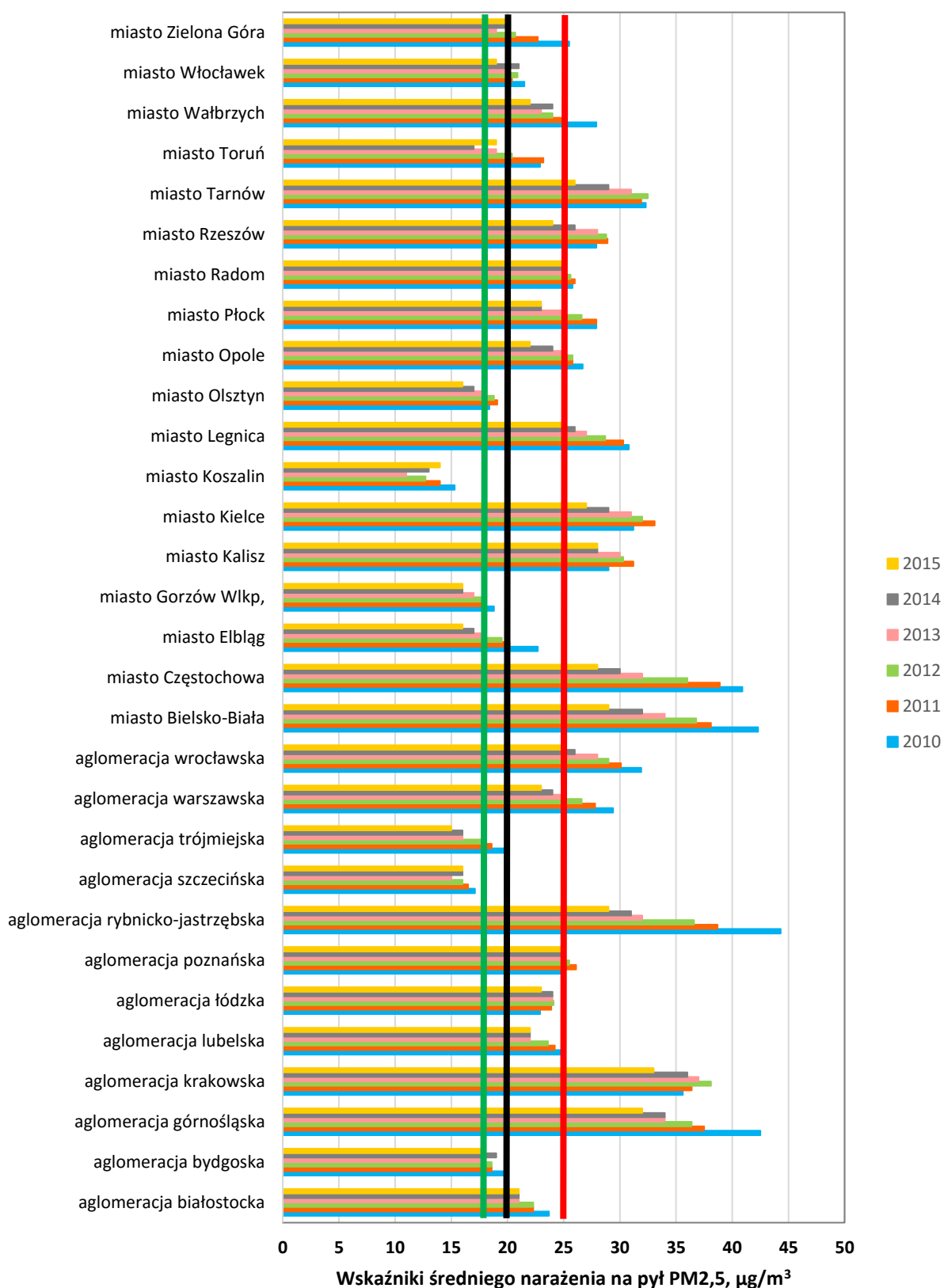
Pomimo spadku wartości większości wskaźników średniego narażenia dla roku 2015 w porównaniu z rokiem 2014, na obszarach dużych miast i aglomeracji środkowej i południowej Polski wskaźniki średniego narażenia na pył $\text{PM}_{2,5}$ przekraczają pułap stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Jedną z przyczyn przekroczeń tego kryterium w miastach są stosunkowo wysokie stężenia pyłu $\text{PM}_{2,5}$ na poziomie tła regionalnego, na obszarach pozamiejskich, oddalonych od źródeł emisji. Zwłaszcza zjawisko to jest istotne na obszarze środkowej i południowej Polski. Wskazuje na to porównanie wskaźników średniego narażenia na pył $\text{PM}_{2,5}$ obliczonych dla stanowisk tła regionalnego, w których prowadzone są pomiary pyłu $\text{PM}_{2,5}$: Puszcza Borecka (województwo warmińsko-mazurskie); Osieczów (województwo dolnośląskie); Złoty Potok (województwo śląskie) ze wskaźnikami dla dużych miast i aglomeracji położonych w odległości do 150 km od stacji tła regionalnego, z których dane wykorzystano do obliczeń (z porównania tego wyłączono miasta dla których, wybrane stacje tła regionalnego nie były reprezentatywne np. znajdujących się nad morzem (Koszalin, Aglomeracja Trójmiejska)).

Wartości wskaźników średniego narażenia dla obszarów pozamiejskich południowej i południowo-zachodniej Polski są zbliżone do krajowego celu redukcji narażenia ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (stacja „Osieczów” - $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) lub nawet przekraczają tę wartość (stacja „Złoty Potok” – $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Z porównania obliczonych wskaźników średniego narażenia wynika jednocześnie, iż największy potencjał do redukcji stężenia pyłu $\text{PM}_{2,5}$ w powietrzu mają miasta i aglomeracje z województw: śląskiego, małopolskiego i dolnośląskiego co potwierdza istotny wpływ niskiej emisji na stężenia pyłu $\text{PM}_{2,5}$ (Rysunek 6).

W Polsce północnej stężenia pyłu $\text{PM}_{2,5}$ są znacznie niższe. Dla 2015 roku wskaźnik średniego narażenia dla stacji Puszcza Borecka wyniósł $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Relatywnie niskie stężenia pyłu $\text{PM}_{2,5}$ na obszarach pozamiejskich północnej Polski ułatwiają dotrzymanie pułapu stężenia ekspozycji w miastach i aglomeracjach tam położonych. W roku 2015, tak jak w roku 2014, na obszarach prawie wszystkich dużych miast i aglomeracji północnej części Polski dotrzymany został pułap stężenia ekspozycji, wyjątkiem była Aglomeracja Białostocka, dla której wskaźnik nieznacznie przekroczył wartość pułapu ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

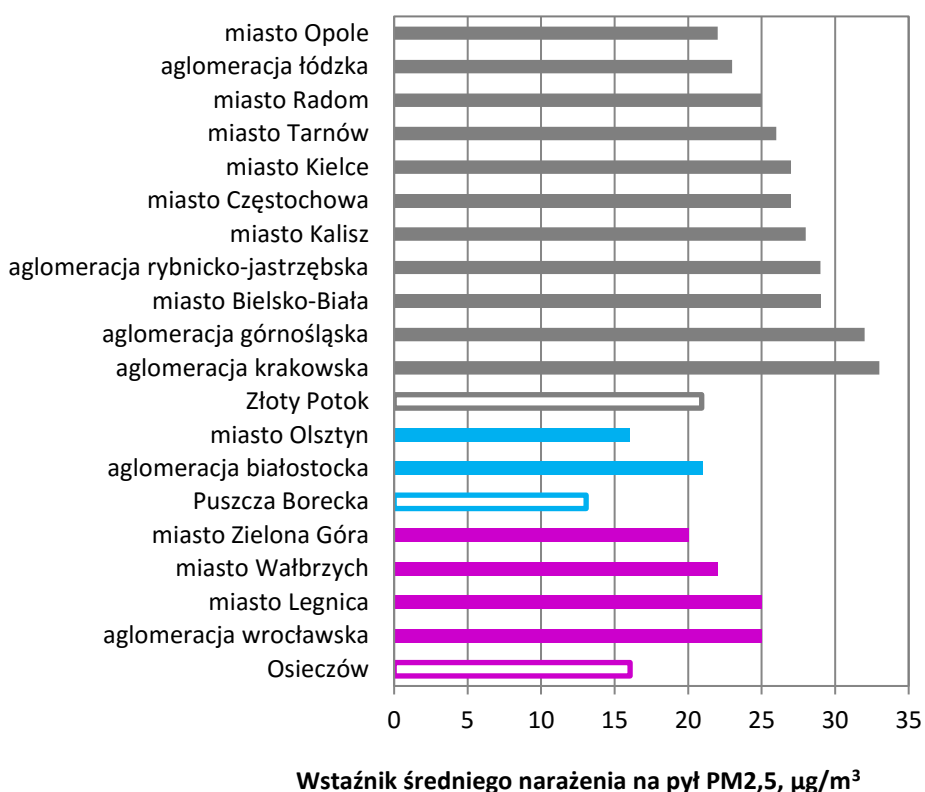


Rysunek 4. Wartości wskaźnika średniego narażenia dla poszczególnych miast i aglomeracji oraz krajowy wskaźnik średniego narażenia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] dla 2015 roku (uszeregowane według wartości wskaźnika)



Rysunek 5. Wskaźniki średniego narażenia na pył PM_{2,5} dla lat 2010-2015 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
 - cel na 2015 rok dla obszarów tła miejskiego dużych miast i aglomeracji (linia czarna)
- (c) poziomu dopuszczalnego – cel na 2015 rok dla obszaru całego kraju (linia czerwona)



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

Wartości wskaźników średniego narażenia dla obszarów pozamiejskich południowej i południowo-zachodniej Polski są zbliżone do krajowego celu redukcji narażenia ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (stacja „Osieczów” - $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) lub nawet przekraczają tę wartość (stacja „Złoty Potok” – $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Z porównania obliczonych wskaźników średniego narażenia wynika jednocześnie, iż największy potencjał do redukcji stężenia pyłu PM_{2,5} w powietrzu mają miasta i aglomeracje z województw: śląskiego, małopolskiego i dolnośląskiego co potwierdza istotny wpływ niskiej emisji na stężenia pyłu PM_{2,5} (Rysunek 5).

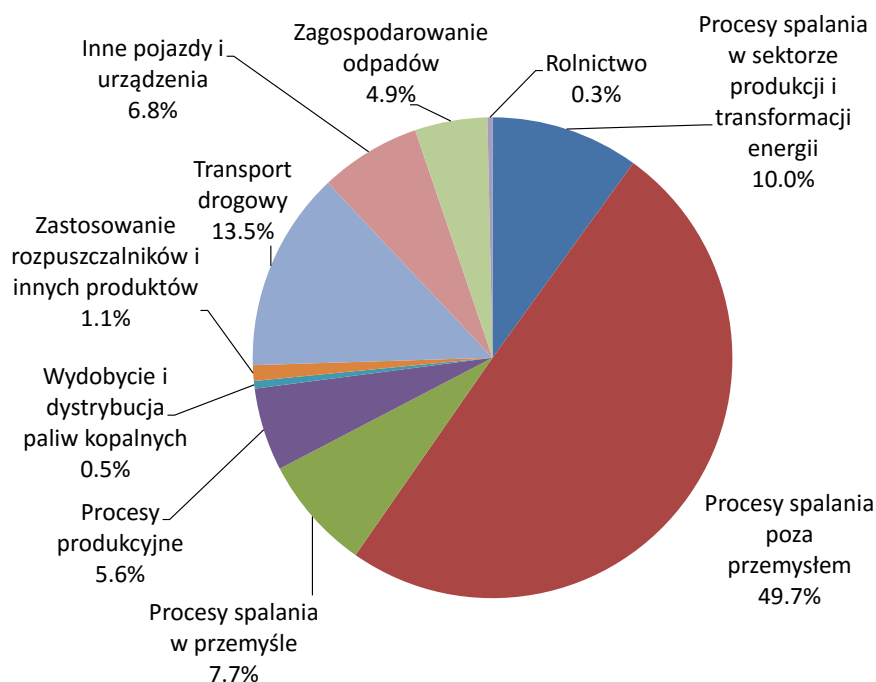
W Polsce północnej stężenia pyłu PM_{2,5} są znacznie niższe. Dla 2015 roku wskaźnik średniego narażenia dla stacji Puszcza Borecka wyniósł $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Relatywnie niskie stężenia pyłu PM_{2,5} na obszarach pozamiejskich północnej Polski ułatwiają dotrzymanie pułapu stężenia ekspozycji w miastach i aglomeracjach tam położonych. W roku 2015, tak jak w roku 2014, na obszarach prawie wszystkich dużych miast i aglomeracji północnej części Polski dotrzymany został pułap stężenia ekspozycji, wyjątkiem była Aglomeracja Białostocka, dla której wskaźnik nieznacznie przekroczył wartość pułapu ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

6) Przyczyny niedotrzymania pułapu stężenia ekspozycji na pył PM_{2,5}

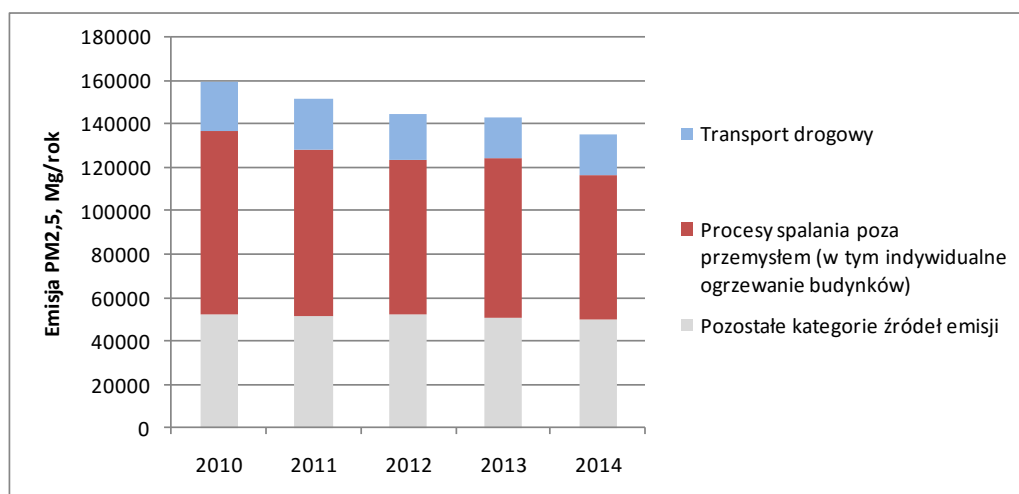
Na pył PM_{2,5} znajdujący się w powietrzu składa się pył pierwotny wprowadzany do atmosfery oraz pył wtórny powstający w atmosferze z zanieczyszczeń gazowych, tzw. prekursorów pyłu w wyniku przemian chemicznych. Prekursorami pyłu są tlenki siarki, tlenki azotu, lotne związki organiczne i amoniak. Pył PM_{2,5} i jego prekursory mogą być transportowane

na dalekie odległości i tym samym emisje z odległych emitorów (oprócz emisji lokalnych) mogą mieć wpływ na poziom stężenia PM_{2,5} w powietrzu w rejonach oddalonych od źródeł emisji.

Emisja pierwotnego pyłu PM_{2,5} w Polsce w 2013 r. wynosiła 143 tys. Mg, a w roku 2014 zmniejszyła się do 135 tys. Mg (KOBIZE 2016). Największy udział w emisji pyłu PM_{2,5} (ok. 50%) mają procesy spalania paliw poza przemysłem (Rysunek 7). Jest to głównie emisja zanieczyszczeń związana ze spalaniem paliw stałych w celu ogrzewania budynków i zaspokojenia innych potrzeb bytowych. Wielkość rocznej emisji zanieczyszczeń z tego sektora zależy między innymi od warunków pogodowych w danym roku – długości trwania sezonu grzewczego oraz temperatury powietrza w tym sezonie. W 2010 r. emisja PM_{2,5} z terenu Polski, między innymi ze względu na warunki meteorologiczne w sezonie chłodnym, była większa niż w latach 2011-2014. Zmiany emisji pyłu PM_{2,5} w latach 2010-2014 zaprezentowano na rysunku 8.



Rysunek 7. Udział poszczególnych sektorów w emisji pyłu PM_{2,5} w Polsce w roku 2014. Opracowanie własne na podstawie danych KOBiZE.



Rysunek 8. Emisja pyłu PM_{2,5} z Polski w latach 2010-2014 r. Opracowanie własne na podstawie danych KOBiZE i EMEP (http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/data_viewers/official_tableau/)

Transport drogowy w 2014 r. odpowiedzialny był za ok. 13% emisji pierwotnej pyłu PM_{2,5}, a procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii za 10% emisji pyłu PM_{2,5}.

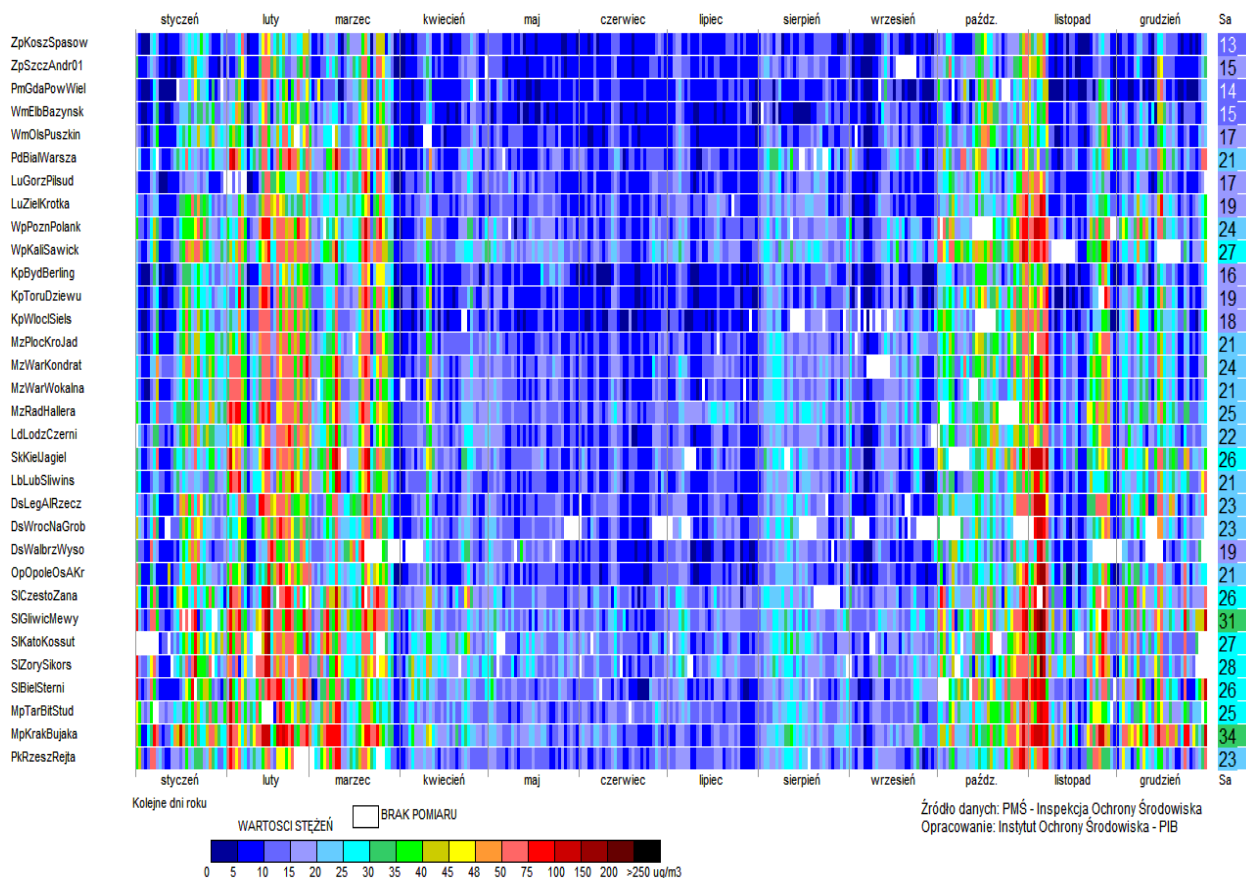
Emisja prekursorów pyłu do powietrza pochodzi głównie z procesów spalania paliw w energetyce (tlenki siarki, tlenki azotu) i transporcie drogowym (tlenki azotu), z rolnictwa (amoniak) oraz ze stosowania rozpuszczalników i innych produktów (lotne związki organiczne). Stężenia średnie roczne nieorganicznego aerozolu wtórnego (suma stężeń jonów SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺) w pyłe PM_{2,5} w 2014 r., oznaczane na 5 stanowiskach tła w Polsce, wynosiły od 5 do 8 µg/m³. Wyniki badań składu pyłu PM_{2,5} wskazują na duży wpływ prekursorów pyłu tworzących aerozole nieorganiczne na stężenie pyłu PM_{2,5}, jak również potwierdzają istotny wpływ emisji pierwotnych pochodzących ze spalania paliw na stężenie tego zanieczyszczenia w Polsce.

Pył 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 PM_{2,5} wykazują silną zmienność sezonową. Najwyższe stężenia notowane są w sezonie chłodnym. Na rysunku 8 przedstawiono przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM_{2,5} na stanowiskach, z których wyniki uwzględniane są przy obliczaniu krajowego wskaźnika średniego narażenia. Na rysunku tym, dla każdego stanowiska, każdy wynik pomiaru stężenia dobowego oznaczono kolorową kreską, której kolor zależy od wysokości stężenia (zgodnie ze skalą kolorów pokazaną na dole rysunku). Miejsce puste, bez kolorowego paska, oznacza, że dla tego dnia nie ma wyniku pomiaru. Po prawej stronie rysunku podano wartość stężenia średniego rocznego w µg/m³ dla każdego stanowiska.

W sezonie chłodnym 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 PM_{2,5} w sezonie chłodnym są znacząco wyższe niż latem (Rysunek 9).

Wskaźnik średniego narażenia dla 2015 r. w przypadku 21 miast i aglomeracji przekracza poziom stężenia ekspozycji (PSE=20 µg/m³). Na poziom notowanych stężeń pyłu 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. Drugą kategorią źródeł emisji mającą znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu PM_{2,5} jest transport drogowy. Emisje z tych kategorii źródeł mają największy udział w emisji krajowej (odpowiednio: 50% i 13% całkowitej emisji PM_{2,5} z terenu Polski). Emitory związane z indywidualnym ogrzewaniem mieszkań i budynków usytuowane są na niewielkich wysokościach nad poziomem gruntu w obszarach z budownictwem mieszkaniowym, przez co bezpośrednio kształtują poziom zanieczyszczenia w miejscach przebywania ludzi. Emisje z transportu drogowego, z sieci dróg i ulic, mają miejsce na niewielkiej wysokości i w związku z tym również mają istotny wpływ na podwyższenie poziomu stężeń w strefie przebywania i zamieszkiwania ludzi.



Rysunek 9. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM_{2,5} w 2015 r., na stanowiskach, z których wyniki uwzględniane są przy obliczaniu krajowego wskaźnika średniej ekspozycji (w kodzie stanowisk widocznych na rysunku dwie pierwsze litery to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.; w dalszej części kodu znajduje się skrót nazwy miejscowości i ulicy).

Poprawę jakości powietrza w zakresie pyłu PM_{2,5} można uzyskać poprzez realizację szeregu działań o charakterze edukacyjnym, administracyjnym, organizacyjnym itp. w odniesieniu do:

- **niskiej emisji komunalno-bytowej** na przykład poprzez:
 1. podniesienie poziomu wiedzy ekologicznej ludności;
 2. wprowadzenie standardów emisyjnych dla kotłów stosowanych w indywidualnym ogrzewaniu budynków;
 3. wprowadzenie standardów jakościowych na paliwa stałe;
 4. promowanie termoizolacji budynków poprzez popularyzację wiedzy i wsparcie finansowe;
 5. 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) poprzez popularyzację wiedzy na ten temat i wsparcie finansowe;
 6. promowanie modernizacji indywidualnych systemów grzewczych - zastępowanie starych nisko sprawnych kotłów i pieców przez niskoemisyjne kotły na paliwo dobrej jakości;
 7. promowanie budownictwa energooszczędnego i pasywnego;
 8. promowanie odnawialnych źródeł energii;

9. wprowadzenie do regulaminów porządku publicznego zakazu spalania odpadów roślinnych (ścięta trawa, liście, chwasty itp.) z przydomowych ogródków i z ogródków działkowych oraz organizowanie systemu odbioru odpadów zielonych;
10. egzekwowanie zakazu spalania odpadów w paleniskach domowych, kotłach, piecach, ogniskach;
11. rozbudowa systemów dystrybucji sieciowego gazu ziemnego;
12. prowadzenie odpowiedniej polityki podatkowej zachęcającej do stosowania rozwiązań niskoemisyjnych.
13. wprowadzenie zakazu spalania resztek roślinnych na polach.

- **emisji związanej z transportem drogowym** poprzez:

1. wspieranie systemów transportu publicznego (w tym z taborem niskoemisyjnym) w celu ograniczenia intensywności ruchu pojazdów indywidualnych;
2. wdrażanie systemów organizacji ruchu prowadzących do ograniczenia emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych;
3. organizację stref płatnego parkowania z dostateczną liczbą miejsc parkingowych;
4. wprowadzanie opłat za wjazd do wydzielonych części centralnych miast, opłat uzależnionych od klasy uciążliwości pojazdu;
5. eliminowanie z ruchu pojazdów nie spełniających norm emisyjnych (okresowe badania techniczne, kontrole drogowe);
6. opracowanie systemu zachęt do wymiany samochodów na nowe pojazdy niskoemisyjne (np. hybrydowe, wodorowe, elektryczne);
7. opracowanie instrumentów skłaniających do ograniczania przewozu ładunków transportem samochodowym na rzecz kolei i transportu wodnego;
8. rozbudowa systemu ścieżek rowerowych i wprowadzanie ułatwień ruchu dla rowerzystów;
9. budowa obwodnic miast i miejscowości.

Do poprawy jakości powietrza w zakresie pyłu PM_{2,5} przyczyniają się również działania na rzecz ograniczenia emisji przede wszystkim z wymienionych wyżej kategorii źródeł emisji, nie pomijając ograniczenia emisji z innych kategorii źródeł, w tym ze źródeł punktowych będących znaczącymi emitentami prekursorów pyłu.

7) ***Wnioski końcowe***

Krajowy wskaźnik średniego narażenia dla 2015 r. wynosi 23 µg/m³ i przekracza o 15% pułap stężenia ekspozycji (20 µg/m³).

W latach 2010-2015 zanotowano systematyczny spadek wartości krajowego wskaźnika średniego narażenia wskaźnika (WK) od 28 µg/m³ do 23 µg/m³. Na spadek wartości wskaźnika WK oprócz działań na rzecz ograniczania emisji miał wpływ układ korzystnych warunków meteorologicznych w sezonie chłodnym lat 2014-2015. Korzystne warunki meteorologiczne (ciepła zima, niewielka liczba dni bardzo mroźnych) spowodowały zmniejszenie emisji pyłu PM_{2,5} z ogrzewania budynków i sprzyjały lepszej dyspersji zanieczyszczeń w atmosferze. W latach 2010-2014 emisja PM_{2,5} z Polski obniżyła się z 160 tys. Mg/rok do 135 tys. Mg/rok.

W 2015 r. w 21 z 30 miast i aglomeracji wskaźnik średniego narażenia (WM) przekraczał wartość pułapu stężenia ekspozycji. W miastach i aglomeracjach południowej części Polski wskaźniki są z reguły wyższe niż w centrum i na północy kraju. W Aglomeracji Krakowskiej (WM=33 µg/m³) i Aglomeracji Górnośląskiej (WM=32 µg/m³) wartości wskaźnika WM

przekraczają $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W pasie województw północnych, od woj. zachodniopomorskiego do warmińsko-mazurskiego i dodatkowo w woj. kujawsko-pomorskim, wartości wskaźników WM nie przekraczają pułapu stężenia ekspozycji ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dla ograniczenia zanieczyszczenia powietrza pyłem $\text{PM}_{2,5}$ konieczne jest ograniczenie emisji pyłu i jego prekursorów ze wszystkich sektorów gospodarki. Mając na uwadze, że największy wpływ na powstawanie wysokich stężeń pyłu $\text{PM}_{2,5}$ 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 mogłoby spowodować znaczącą poprawę jakości powietrza w zakresie $\text{PM}_{2,5}$. Należy dążyć również do ograniczania emisji z transportu drogowego, drugiej co do wielkości emisji pyłu $\text{PM}_{2,5}$ kategorii źródeł emisji.

Jednocześnie należy podkreślić, iż wskaźniki średniego narażenia na pył $\text{PM}_{2,5}$ 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.