

## **Opis stanu jakości powietrza w strefie aglomeracja warszawska – dotyczy roku 2015**

### **1. Lista substancji w powietrzu, ze względu na które konieczne było opracowanie programu ochrony powietrza i wskazanie źródeł ich pochodzenia**

Pył zawieszony PM<sub>2,5</sub> jest zanieczyszczeniem powietrza składającym się z mieszaniny cząstek drobnych stałych i ciekłych. Zanieczyszczenia pyłowe mogą pochodzić ze źródeł naturalnych lub antropogenicznych. Ilość pyłu PM<sub>2,5</sub> w powietrzu może wynikać z emisji bezpośredniej (pył pierwotny) lub też może być wynikiem reakcji między substancjami znajdującymi się w atmosferze (pył wtórny). Prekursorami pyłów wtórnych są przede wszystkim tlenki siarki, tlenki azotu, lotne związki organiczne i amoniak. Pył zawieszony może zawierać substancje toksyczne, takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (m.in. B(a)P), metale ciężkie oraz dioksyny i furany.

Wśród antropogenicznych źródeł emisji pyłów wymienić należy:

- źródła przemysłowe (energetyczne spalanie paliw i źródła technologiczne);
- transport samochodowy;
- spalanie paliw w sektorze bytowo-gospodarczym.

Do źródeł naturalnych należą przede wszystkim pylenie traw, erozja gleb, wietrzenie skał, aerozol morski oraz wybuchy wulkanów.

Najwięcej frakcji pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> w pyłe ogółem (TSP) występuje w sektorze komunalno-bytowym. Najmniejsze ilości pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> w pyłe ogółem występują w procesach wydobywania i przetwórstwa kopalin, gdzie w największym stopniu emitowany jest pył o większych frakcjach. Znaczna część emisji pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> z transportu drogowego pochodzi z procesów innych niż spalanie paliw, do których zaliczyć można ścieranie okładzin samochodowych (np. opon i hamulców) oraz ścieranie nawierzchni dróg.

**2. Informacje dotyczące wielkości poziomów substancji w roku, od którego, z uwagi na mierzone stężenia substancji w powietrzu, wymagane jest opracowanie programu ochrony powietrza (2015), i pięciu latach poprzedzających (2010–2014) wraz z podaniem zakresu przekroczeń poziomów dopuszczalnych substancji w powietrzu.**

Tabela 1 Wyniki pomiarów pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> na stanowiskach pomiarowych w strefie aglomeracja warszawska w latach 2010-2015

Lp.	Stanowisko pomiarowe	Wyniki pomiarów pyłu zawieszonego PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ] Strefa aglomeracja warszawska kod strefy: PL1401	Rok 2010 (Stężenie i zakres przekroczenia)	Rok 2011 (Stężenie i zakres przekroczenia)	Rok 2012 (Stężenie i zakres przekroczenia)	Rok 2013 (Stężenie i zakres przekroczenia)	Rok 2014 (Stężenie i zakres przekroczenia)	Rok 2015 (Stężenie i zakres przekroczenia)
1.	Warszawa, ul. Kondratowicza	stężenie średnioroczne pyłu zawieszonego PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	30,5 -	28,2 0,2	25,6 -	23,6 -	25,5 -	23,6 -
2.	Warszawa, ul. Wokalna	stężenie średnioroczne pyłu zawieszonego PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	28,3 -	24,2 -	23,1 -	22,4 -	23,0 -	21,0 -
3.	Warszawa, Al. Niepodległości	stężenie średnioroczne pyłu zawieszonego PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	[nie dotyczy]	31,5 3,5	25,1 -	31,2 5,2	29,9 3,9	24,1 -
4.	stężenie dopuszczalne	[nie dotyczy]	25	25	25	25	25	25
5.	stężenie dopuszczalne powiększone o margines tolerancji	[nie dotyczy]	29	28	27	26	26	25

**3. Czynniki powodujące przekroczenia poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> w powietrzu, ze szczególnym uwzględnieniem przemian fizykochemicznych tych substancji.**

Na jakość powietrza na terenie strefy wpływają różne rodzaje źródeł zlokalizowanych zarówno na obszarze strefy jak i poza nią. Jednakże oprócz rzeczywistej wielkości emisji na wysokość stężeń poszczególnych substancji mają również wpływ inne czynniki takie jak:

- położenie topograficzne – położenie miasta w dolinie rzecznej może utrudniać przepływ mas powietrza w kierunku naturalnego spadku terenu;
- warunki meteorologiczne – decydujące znaczenie mają tutaj kierunek i prędkość wiatru oraz zasięg i czas trwania inwersji temperatury. W obszarach, gdzie duże znaczenie odgrywa emisja zanieczyszczeń pochodzących z indywidualnych systemów grzewczych, zaznacza się wyraźnie wpływ temperatury powietrza. Jak wskazała analiza warunków meteorologicznych w na przestrzeni lat 2011–2015 były one niekorzystne ze względu na niskie wartości prędkości przepływu mas powietrza. Prędkości na poziomie do 2 m/s są niewystarczające do odpowiedniego przewietrzania terenów, na których znajduje się skupisko źródeł emisji np. powierzchniowej;
- gęstość rozmieszczenia źródeł emisji – gęsta zabudowa na obszarze miasta utrudnia ich przewietrzanie. Największy ładunek emisji ze źródeł komunikacyjnych i powierzchniowych nakłada się z występowaniem gęstej zabudowy, co uniemożliwia rozproszenie stężeń substancji w powietrzu;
- przemiany fizykochemiczne substancji w powietrzu – zanieczyszczenia pyłowe mogą pochodzić bezpośrednio ze źródeł emisji jak i mogą powstawać poprzez

przemiany fizykochemiczne w powietrzu. Przemiany fizykochemiczne w powietrzu zachodzą z udziałem zanieczyszczeń gazowych takich jak SO<sub>2</sub>, czy NO<sub>2</sub>, LZO (lotne związki organiczne) i NH<sub>3</sub>. Reakcjom fotochemicznym zawartych substancji w powietrzu atmosferycznym sprzyjają warunki pogodowe, m.in. prędkość wiatru, nasłonecznienie, wilgotność dlatego przyczyną zanieczyszczenia pyłem będącym zanieczyszczeniem wtórnym mogą być emisje zanieczyszczeń ze źródeł położonych w znacznej odległości od terenu strefy. Sąsiedztwo strefy ze zurbanizowanym terenem wokół miasta Warszawy powoduje, że część zanieczyszczeń ulegająca przemianom fizykochemicznym w powietrzu wpływa na wysokość stężeń pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> na terenie aglomeracji warszawskiej. Szczególnie frakcja pyłu PM<sub>2,5</sub> w znacznej mierze pochodzi z wtórnego powstawania aerozoli w powietrzu.

Stopień zanieczyszczenia powietrza zależy od szeregu czynników, od rodzaju źródeł zanieczyszczenia, warunków terenowych, warunków meteorologicznych, a więc czynników zależnych oraz niezależnych od człowieka.

Istotny wpływ na poziom stężeń zanieczyszczeń mają przede wszystkim warunki meteorologiczne. Temperatura powietrza, prędkość wiatru, natężenie promieniowania słonecznego, wilgotność, wszystkie te czynniki wpływają na wielkość emisji stężeń zanieczyszczeń. Temperatura wpływa na wielkość emisji zanieczyszczeń pochodzących ze spalania paliw w celach grzewczych. Prędkość i kierunek wiatru, stan równowagi atmosfery, wysokość warstwy mieszania w pośredni sposób wpływa na kumulację bądź rozproszenie powstałych zanieczyszczeń. Opady atmosferyczne, wilgotność, natężenie promieniowania słonecznego wpływają także na przemiany fizyko–chemiczne zanieczyszczeń w atmosferze oraz ich wymywanie w atmosferze. Transport zanieczyszczonych mas powietrza (zanieczyszczenia wtórne i pierwotne) z nad innych obszarów uzależniony jest natomiast od kierunku i prędkości wiatru w warstwie mieszania oraz ilości opadów i dni nasłonecznienia. Rozprzestrzenianie zanieczyszczeń pyłowych uzależnione jest od prędkości wiatru, wilgotność powietrza i podłoża oraz stanu równowagi atmosfery. Większość dni, w których odnotowano wzrost stężeń zanieczyszczenia powietrza pyłów wystąpiło w sytuacji ciszy atmosferycznych i słabego wiatru (poniżej 1,5 m/s). Utrudniona jest wówczas pozioma wymiana mas powietrza, co powoduje wzrost stężeń substancji w pobliżu niskich źródeł emisji. Stosunkowo częstym zjawiskiem w 2015 roku były również inwersje temperatury, wpływające niekorzystnie na wymianę powietrza w pionie, w tych dniach.

Innym czynnikiem wpływającym na poziom zanieczyszczeń jest stopień zróżnicowania ukształtowania terenu, w którym mogą występować obszary o specyficznym klimacie, mikroklimacie i specyficznych warunkach meteorologicznych. Najlepsze warunki rozprzestrzeniania zanieczyszczeń panują na terenach płaskich, gdzie występuje duża ilość dni z nasłonecznieniem, dobre warunki termiczne oraz wysokie prędkości mas powietrza (dobre przewietrzanie). Natomiast w dolinach czy nieckach wymiana mas powietrza jest utrudniona. Warunki topograficzne i klimatyczne takich obszarów sprzyjają kumulacji zanieczyszczeń, co skutkuje wysokimi wartościami stężeń analizowanych zanieczyszczeń. Niekorzystnym zjawiskiem w Warszawie jest gromadzenie się zanieczyszczonego powietrza spływającego grawitacyjnie na tereny podkarpowe (Wilanów, Dolny Mokotów, Powiśle). Największe natężenie tych zjawisk występuje w okresach bezwietrznych, gdy prędkość wiatru jest mniejsza od 2 m/s.

Dodać należy, że na te niekorzystne warunki klimatyczne i topograficzne nakładają się uwarunkowania społeczno-ekonomiczne, które kształtują zachowania i postawy mieszkańców strefy, co w połączeniu ze szczególnie niekorzystną strukturą cenową paliw grzewczych prowadzi do sytuacji, w której preferowanym (ze względów ekonomicznych) paliwem jest paliwo stałe, często wątpliwej jakości, które staje się przyczyną problemów jakości powietrza.

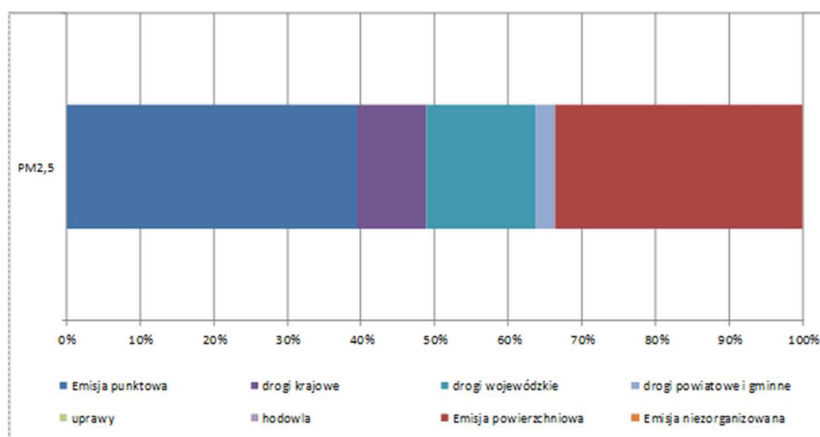
Za jakość powietrza oraz zanieczyszczenie pyłem zawieszonym PM<sub>2,5</sub> w strefie aglomeracja warszawska odpowiadają głównie źródła pochodzenia antropogenicznego. Największy wpływ na stan zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM<sub>2,5</sub> wywiera ogrzewanie budynków (niska emisja), produkcja energii cieplnej oraz ruch komunikacyjny (emisja liniowa). Wśród czynników antropogenicznych należy także wskazać sposób zagospodarowania przestrzennego obszaru miejskiego, ponieważ determinuje on warunki związane z przewietrzaniem miasta.

Najbardziej narażone na negatywne wpływy zanieczyszczeń powietrza są obszary charakteryzujące się gęstą i wysoką zabudową z niewielkim udziałem terenów zielonych, dużą gęstością zaludnienia oraz wysokim natężeniem ruchu komunikacyjnego.

#### 4. Procentowy udział substancji zanieczyszczających w powietrzu wprowadzanych do powietrza przez podmioty korzystające ze środowiska na zasadzie powszechnego korzystania ze środowiska w strefie aglomeracja warszawska

Tabela 2 Bilans emisji pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> z aglomeracji warszawskiej

Lp.	Rodzaj emisji	Wielkość emisji pyłu zawieszonego PM <sub>2,5</sub> [Mg/rok]	Udział [%]
1.	Emisja punktowa	1 827,70	39,41
2.	Emisja liniowa w tym:	1 250,18	26,89
3.	drogi krajowe	443,48	9,50
4.	drogi wojewódzkie	682,93	14,72
5.	drogi powiatowe i gminne	123,77	2,67
6.	Emisja z rolnictwa w tym:	4,72	0,10
7.	uprawy	4,70	0,10
8.	hodowla	0,02	0,00
9.	Emisja powierzchniowa	1 555,52	33,54
10.	Emisja niezorganizowana (kopalnie, zakłady przerobcze, hałdy i zwałowiska)	0,00	0,00
11.	Suma	4 638,12	100,00



Rysunek 1 Bilans emisji pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> w strefie aglomeracja warszawska

Do bilansu emisji punktowej z terenu strefy aglomeracja warszawska zaliczamy duże instalacje do produkcji energii elektrycznej i ciepła sieciowego (Elektrociepłownie PGNiG Termika S.A.), których udział w ramach zinventaryzowanej emisji punktowej z terenu całej strefy wynosi 39,41%. Emisja z tych instalacji mimo, iż sumarycznie dominuje w bilansie emisji pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub>, ma jednak znikomy wpływ na poziom stężeń tego zanieczyszczenia na terenie Warszawy. Wynika to z faktu, iż zanieczyszczenia z wysokich emitorów transportowane są na duże wysokości i rozprzestrzeniają się z dużą prędkością powyżej miejskiej zabudowy. Po analizie udziałów źródeł emisji na terenie strefy można stwierdzić, że głównym czynnikiem mającym wpływ na występowanie ponadnormatywnych stężeń pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> jest emisja ze źródeł powierzchniowych (33,54%)

pochodzących z indywidualnych systemów grzewczych. W drugiej kolejności natomiast na zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM<sub>2,5</sub> na terenie Warszawy wpływa emisja ze źródeł komunikacyjnych. Zanieczyszczenia ze źródeł powierzchniowych oraz komunikacyjnych kumulują się przy powierzchni ziemi oraz wzdłuż arterii komunikacyjnych w centrum miasta.

#### 5. Łączna wielkość emisji pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> pochodząca ze źródeł znajdujących się w obszarach przekroczeń w aglomeracji warszawskiej (Mg/rok)

Tabela 3 Wielkość emisji pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> w obszarze przekroczeń pochodząca ze źródeł znajdujących się w obszarze przekroczeń w strefie aglomeracja warszawska (Mg/rok)

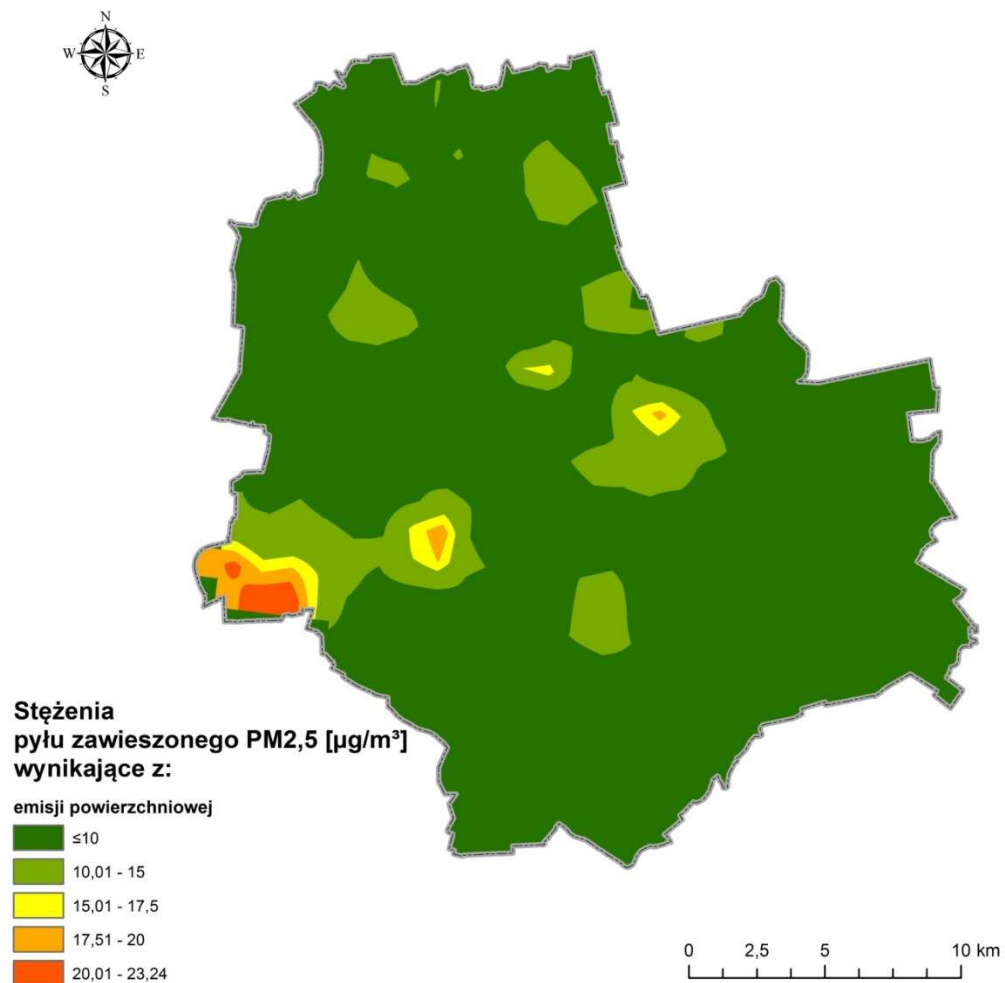
Lp.	Obszar przekroczeń	Łączna wielkość emisji pyłu zawieszonego PM <sub>2,5</sub> [Mg/rok]
1.	Mz15AWPM25a01	4 638,12

#### 6. Poziom tła dla pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> w 2015 roku.

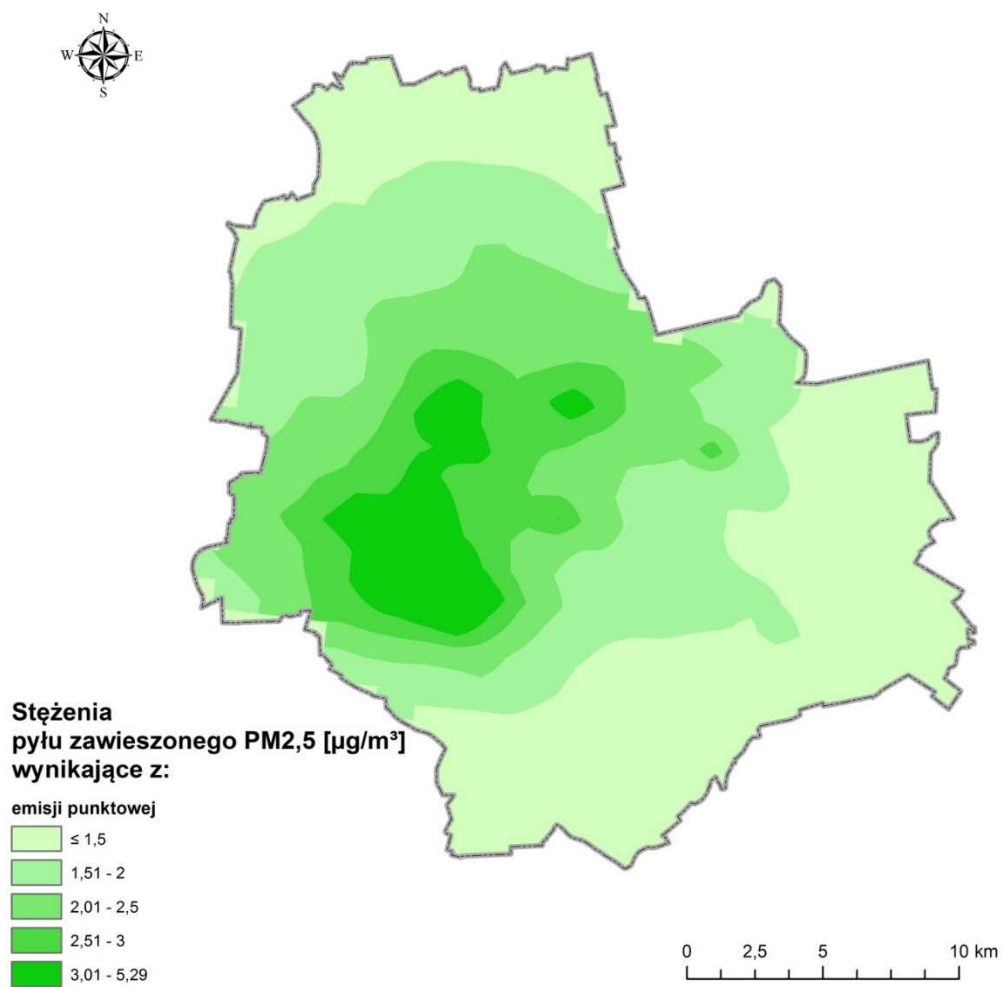
Tabela 4 Poziom tła dla pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> o okresie uśredniania rok kalendarzowy

Lp.	Tło	Pył zawieszony PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
1.	ponadregionalne	7,97–8,68
2.	regionalne	0,21–15,90
3.	całkowite	8,18–24,58

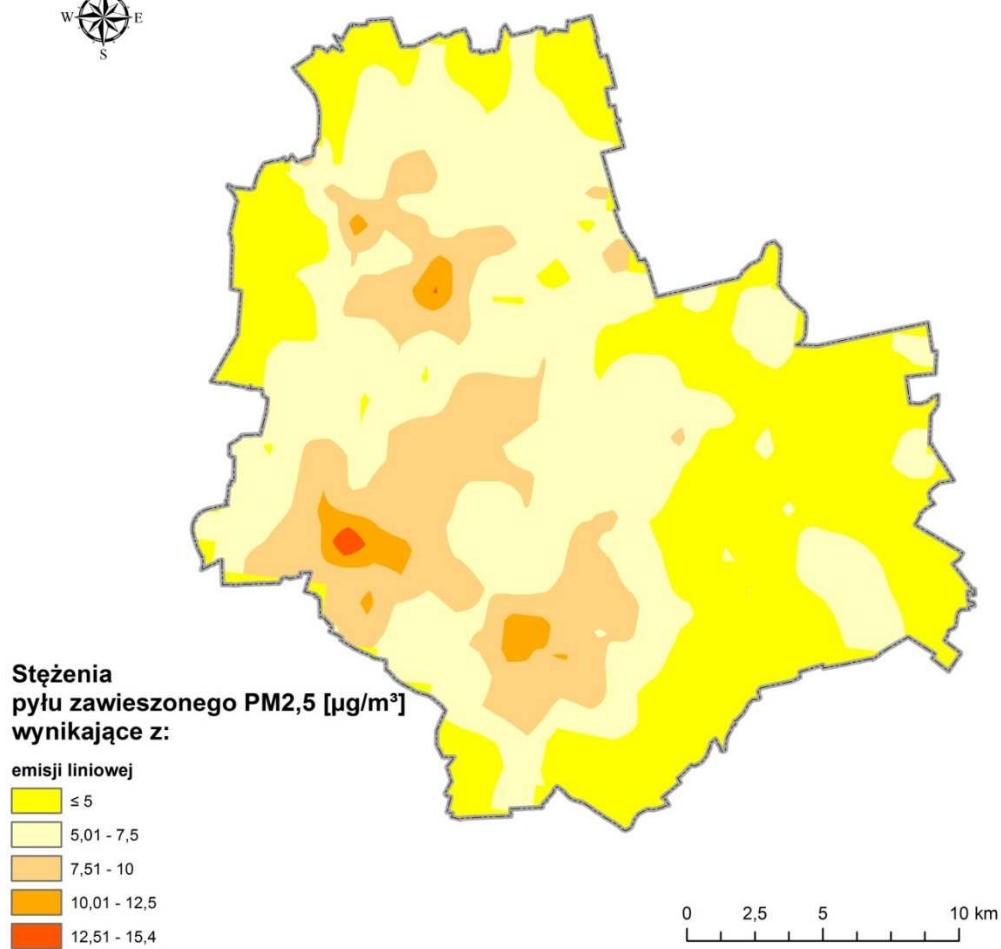
## 7. Wyniki modelowania – rozkład stężeń w 2015 r.



Rysunek 2 Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy ze źródeł powierzchniowych na obszarze strefy aglomeracja warszawska w 2015 r.

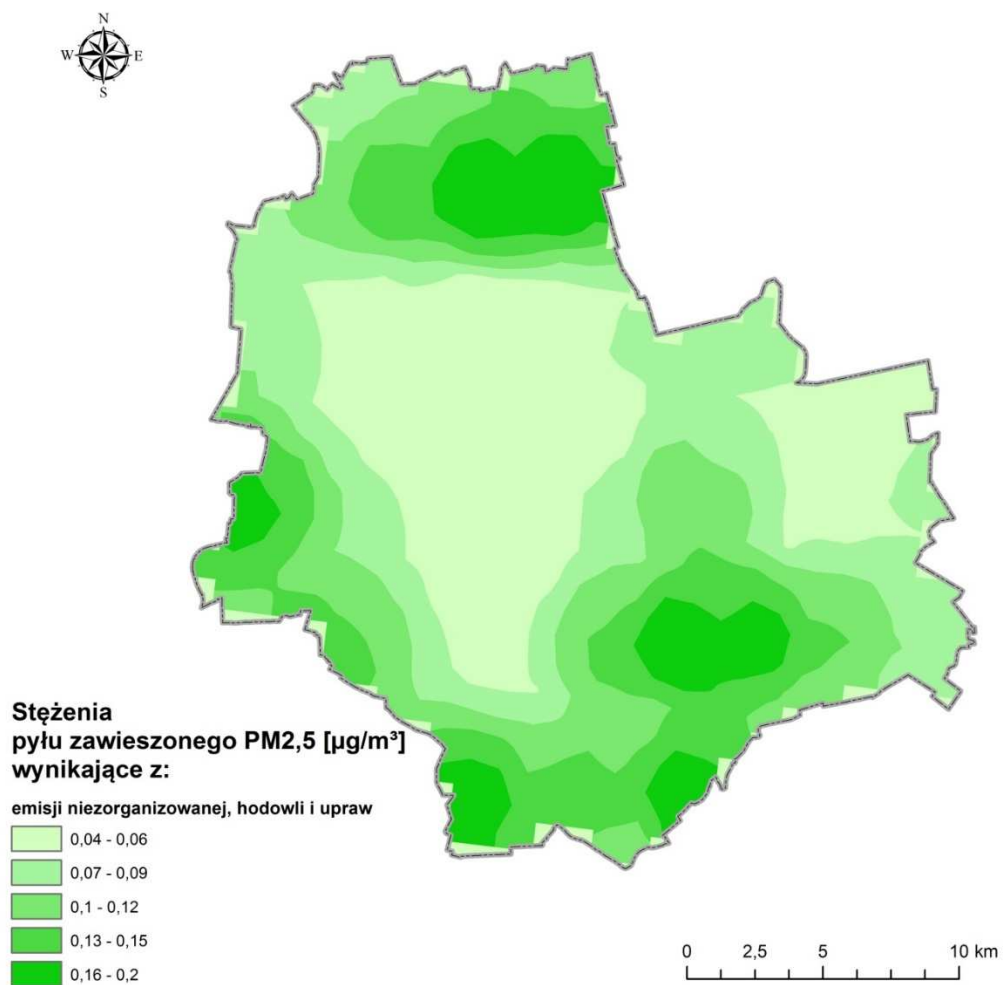


Rysunek 3 Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy ze źródeł punktowych na obszarze strefy aglomeracja warszawska w 2015 r.

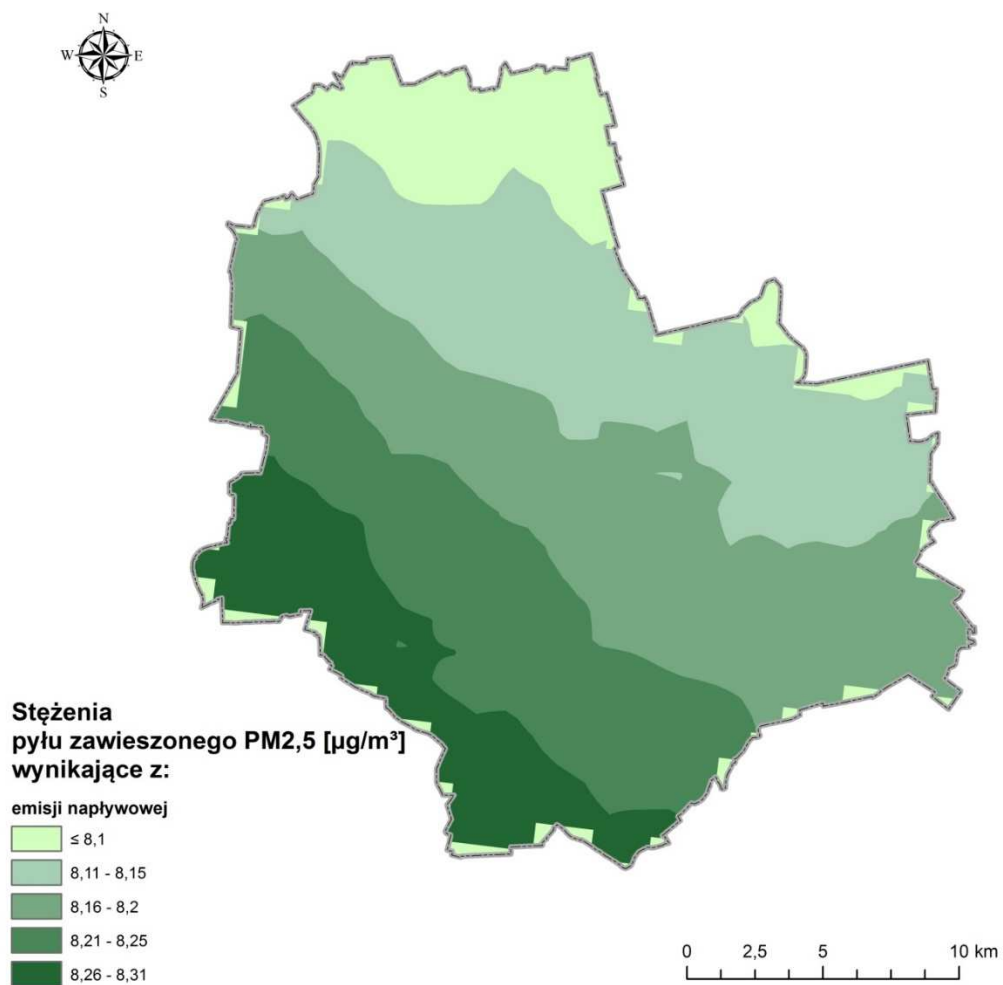


Rysunek 4 Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy ze źródeł liniowych na obszarze strefy aglomeracja warszawska w 2015 r.

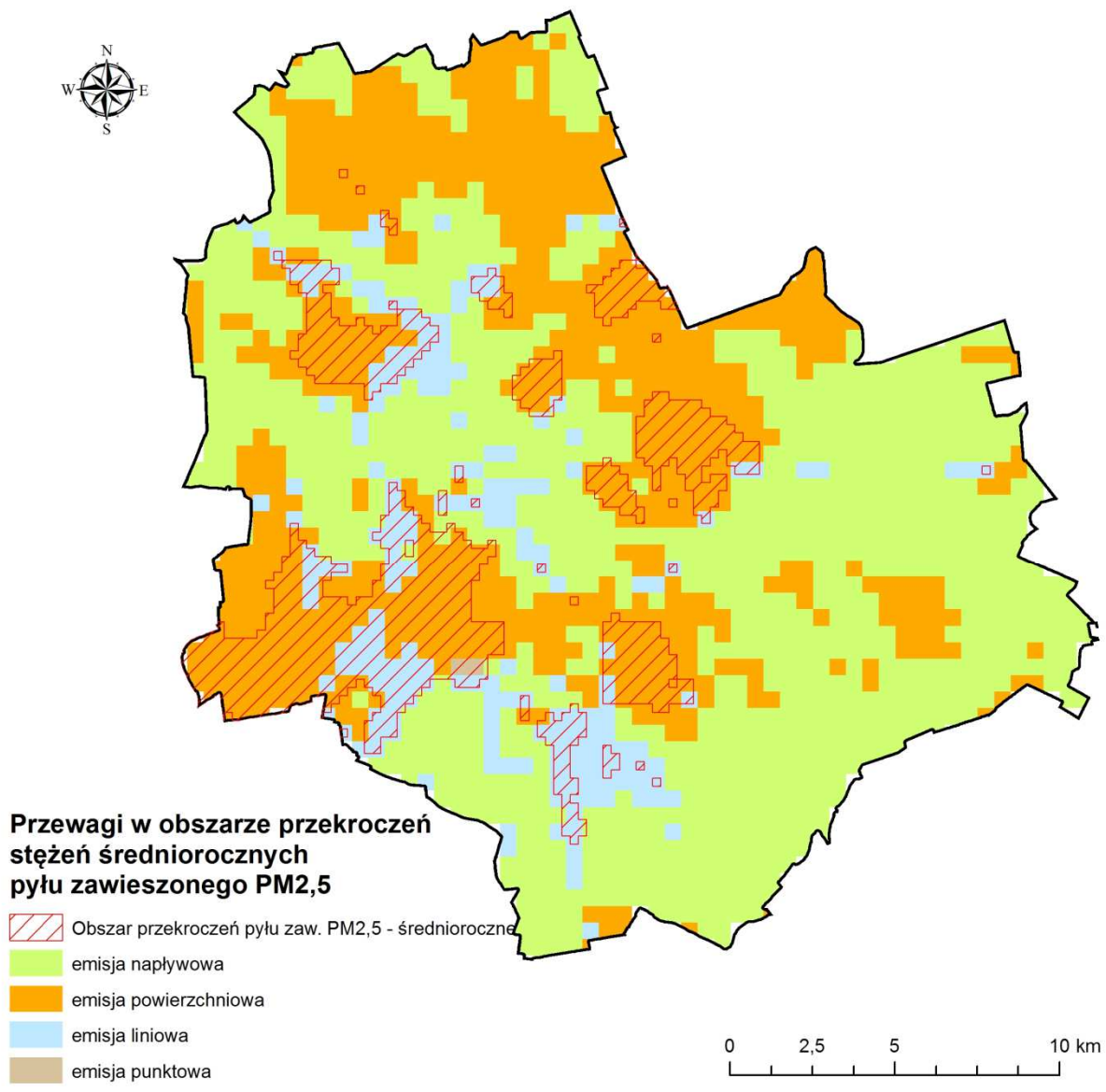




Rysunek 5 Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy ze źródeł emisji niezorganizowanej na obszarze strefy aglomeracja warszawska w 2015 r.



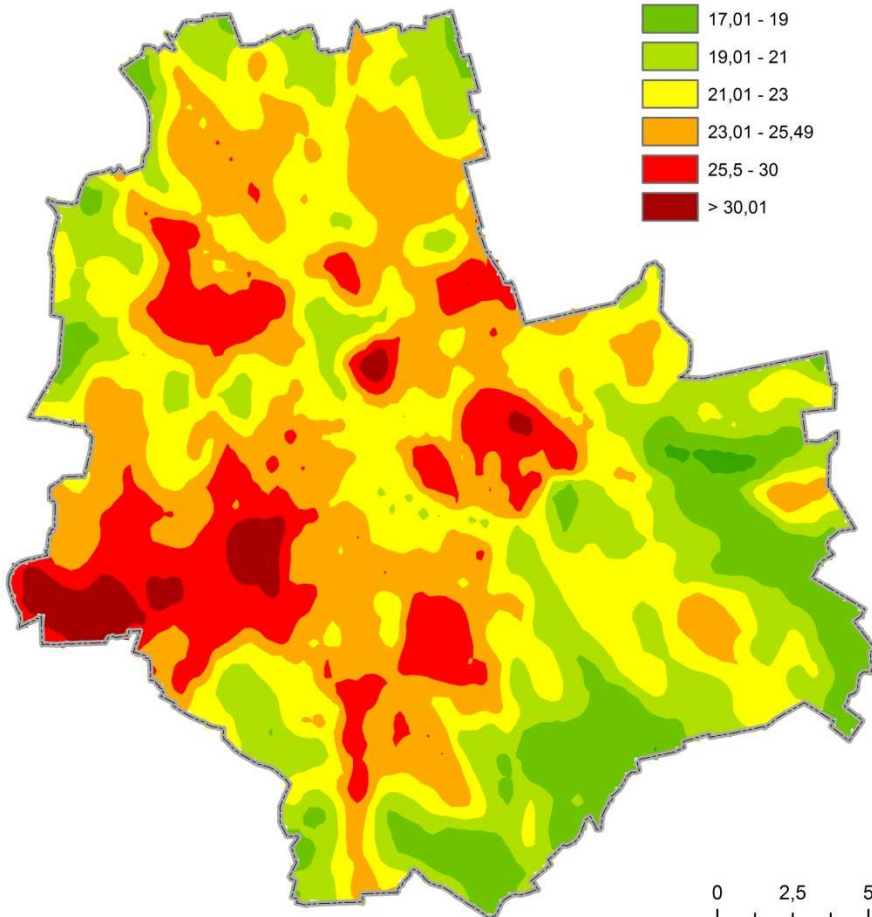
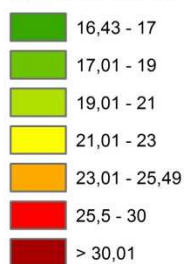
Rysunek 6 Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy emisji napływowej na obszarze strefy aglomeracja warszawska w 2015 r.



Rysunek 7 Przewagi w obszarze przekroczeń stężeń średniorocznych pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub>



**Rozkład stężeń średniorocznych  
pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
w roku bazowym**



Rysunek 8 Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy na terenie strefy aglomeracja warszawska w roku bazowym 2015