

**Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska
w Łodzi, ul. Piotrkowska 120**



**WSTĘPNA OCENA JAKOŚCI POWIETRZA DLA PM_{2,5}
W WOJEWÓDZTWIE ŁÓDZKIM W 2008 r.**

Opracowanie: mgr inż. Joanna Szczepańska
mgr Bartłomiej Świąteczak

Kierownik
Wydziału Monitoringu
Środowiska

mgr Ryszard Klajs

Wojewódzki Inspektor
Ochrony Środowiska

Piotr Maks

Łódź 2009

Spis treści		<i>str</i>
1.	<i>Wstęp</i>	4
1.1.	<i>Pochodzenie pyłu drobnego w atmosferze</i>	4
1.2.	<i>Podstawy prawne wstępnej oceny jakości powietrza dla pyłu PM_{2,5}</i>	5
2	<i>Emisja pyłu drobnego PM_{2,5} i jego prekursorów w województwie łódzkim w 2008r.</i>	11
2.1.	<i>Emisja pierwotna pyłu drobnego PM_{2,5}</i>	11
2.2.	<i>Emisja prekursorów pyłu drobnego PM_{2,5}</i>	16
3.	<i>Metody oceny wstępnej zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5}</i>	17
4.	<i>Wyniki klasyfikacji stref wstępnej oceny jakości powietrza pod kątem pyłu PM_{2,5} w województwie łódzkim</i>	21
5.	<i>Obszary przekroczeń wartości dopuszczalnej pyłu PM_{2,5} w województwie łódzkim w latach 2004-2008</i>	30
6.	<i>Literatura</i>	53

Spis tabel

1	Tabela 1. Klasyfikacja aglomeracji i stref na potrzeby ocen rocznych jakości powietrza dla pyłu PM _{2,5}
2	Tabela 2. Informacje ogólne
3	Tabela 3. Strefy oceny jakości powietrza pod kątem pyłu PM _{2,5} w województwie łódzkim
4	Tabela 4. Emisja dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w województwie łódzkim w 2008r.
5	Tabela 5. Wykaz stałych stacji pomiarowych PM _{2,5} , z których wyniki wykorzystano w ocenie
6	Tabela 6. Wyniki klasyfikacji stref
7	Tabela 7. Kody wymaganych oraz wykorzystanych metod oceny
8	Tabela 8. obszary przekroczeń dopuszczalnego poziomu stężenia pyłu PM _{2,5} w województwie łódzkim, w latach 2004-2008

Spis map

1	Granice stref oceny jakości powietrza pod kątem pyłu PM _{2,5}
2	Emisja punktowa pyłu drobnego PM _{2,5} w województwie łódzkim w 2008r.
3	Emisja liniowa pyłu drobnego PM _{2,5} w województwie łódzkim w 2008r.
4	Emisja powierzchniowa pyłu drobnego PM _{2,5} w województwie łódzkim w 2008r.
5	Suma emisji pyłu drobnego PM _{2,5} ze źródeł punktowych, liniowych i powierzchniowych w województwie łódzkim w 2008r w strefach oceny dla PM ₁₀
6	Udział pyłu PM _{2,5} w ogólnej masie pyłu PM ₁₀ , aglomeracja łódzka, 2005 rok
7	Zasięgi pól emisji pyłu PM _{2,5} w województwie łódzkim w roku 2004
8	Zasięgi pól emisji pyłu PM _{2,5} w województwie łódzkim w roku 2005
9	Zasięgi pól emisji pyłu PM _{2,5} w województwie łódzkim w roku 2006
10	Zasięgi pól emisji pyłu PM _{2,5} w województwie łódzkim w roku 2007

- 11 Zasięgi pól imisji pyłu PM_{2,5} w województwie łódzkim w roku 2008
- 12 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 13 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Zgierzu określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 14 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Pabianicach określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 15 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Aleksandrowie Ł. i Konstantynowie Ł. określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 16 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Działoszynie określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 17 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w a) Kutnie, b) Łasku, określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 18 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Piotrkowie Trybunalskim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 19 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Radomsku określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 20 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Sieradzu określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 21 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Skierniewicach określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 22 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Tomaszowie Mazowieckim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 23 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Wieluniu określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 24 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Zduńskiej Woli określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.
- 25 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2005r.
- 26 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Tomaszowie Mazowieckim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2005r.
- 27 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2006r.
- 28 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Zgierzu określony na podstawie obliczeń modelowych w 2006r.
- 29 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Pabianicach określony na podstawie obliczeń modelowych w 2006r.
- 30 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Tomaszowie Mazowieckim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2006r.
- 31 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2007r.
- 32 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2008r.
- 33 Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Tomaszowie Mazowieckim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2008r.

1. Wstęp

1.1. Pochodzenie pyłu drobnego w atmosferze

Zanieczyszczenia pyłowe stają się w ostatnich latach głównym problemem w dziedzinie ochrony powietrza atmosferycznego. Ze względu na powszechność występowania ponadnormatywnych poziomów emisji pyłu zawieszonego w Polsce, jest to obecnie główna przyczyna konieczności wprowadzania kosztownych działań naprawczych. W związku z powyższym istotnym jest rozwój pomiarów emisji pyłu zawieszonego z uwzględnieniem jego najdrobniejszych i za razem najbardziej szkodliwych frakcji.

Spalanie paliw kopalnych takich jak węgiel, olej oraz benzyna może powodować powstawanie *grubych* pyłów poprzez uwalnianie niepalnych materiałów, popiołu lotnego, *drobnych* pyłów z kondensacji materiałów parujących w czasie spalania oraz *pyłów wtórnych* poprzez atmosferyczne reakcje tlenków siarki oraz tlenków azotu wstępnie uwolnionych jako gazy.

W odróżnieniu od frakcji grubej pyłu zawieszonego (o rozmiarach ziaren $> 2,5 \mu\text{m}$) powstającej głównie z mechanicznego rozdrabniania lub porywania niespalonych cząstek paliw stałych i skały płonnej, pył drobny o frakcji do $2,5 \mu\text{m}$ średnicy ziaren powstaje w większości z przemian fizyko-chemicznych zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery (określanych jako prekursorzy pyłu PM_{2,5}).

Można więc mówić o:

- a) pył PM_{2,5} powstałym wskutek skraplania się i zestalania par różnych substancji chemicznych (np. sadza);
- b) pył wtórnym PM_{2,5} powstającym poprzez pośrednie reakcje gazów w atmosferze.

Pyły drobne zawierają wtórnie sformowane aerozole (konwersja gazów w pył), w tym pyły ze spalania i rekondensacji oparów oraz zarodkowania najdrobniejszych cząstek ($< 0,1 \mu\text{m}$), czyli kondensacji gazów przekształconych w reakcjach atmosferycznych w substancje nisko-temperaturowo- parujące (organiczne i metaliczne). Są one zwane także jądrami Aitkena. Na przykład dwutlenek siarki jest utleniany w atmosferze do postaci kwasu siarkowego (H_2SO_4). Dwutlenek azotu jest utleniany do kwasu azotowego (HNO_3), który na drodze reakcji z amoniakiem (NH_3) prowadzi do powstania azotanu amonowego (NH_4NO_3).

Spośród poszczególnych frakcji pyłu zawieszonego największe zagrożenia zdrowotne niosą drobne frakcje pyłu (PM1 oraz PM2,5). Jest spowodowane zarówno małymi rozmiarami cząstek pyłu umożliwiającymi głęboką penetrację w organizmie człowieka, jak również znaczną zawartością związków toksycznych [1].

Fracja < 2,5µm średnicy zawiera większość kwasowości i aktywności mutagennej pyłu zawieszonego [2].

Szacuje się, że udział emisji komunikacyjnej w emisji pyłu drobnego jest znacznie większy niż w przypadku pyłów grubych z zakresu 7,5µm-10µm.

Prekursorami pyłu drobnego są następujące substancje:

1.2. Podstawy prawne wstępnej oceny jakości powietrza dla pyłu PM2,5

Podstawą wykonania wstępnej oceny jakości powietrza dla pyłu drobnego PM2,5 jest wejście w życie dyrektywy 2005/50/WE z dnia 21 maja 2008r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (CAFE). Dyrektywa ta rozszerza obowiązek oceny jakości powietrza w państwach członkowskich na pył PM2,5.

Na podstawie art. 88 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001r. Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity Dz. U. z 2008r. Nr 25, poz. 150 z późn. zmianami) Wojewódzki Inspektor Ochrony Środowiska dokonuje przynajmniej co 5 lat wstępnej oceny jakości powietrza, mającej na celu określenie metod rocznej oceny jakości powietrza w poszczególnych strefach oceny. Mając przy tym obowiązek wyodrębnić strefy w których zostały:

- przekroczone poziomy dopuszczalne;
- poziom substancji nie przekracza poziomu dopuszczalnego i jest wyższy od górnego progu oszacowania;
- poziom substancji w powietrzu nie przekracza górnego progu oszacowania i jest wyższy od dolnego progu oszacowania;
- poziom substancji nie przekracza dolnego progu oszacowania.

Górny i dolny próg oszacowania oznacza procentową część dopuszczalnego poziomu substancji w powietrzu.

Dyrektywa CAFE wprowadza dwie wartości kryterialne pyłu PM2,5:

- poziom docelowy wynoszący 25ug/m³ – termin osiągnięcia 1 stycznia 2010r.
- poziom dopuszczalny wynoszący 25ug/m³ – termin osiągnięcia 1 stycznia 2015r.

W związku z powyższymi wartościami kryterialnymi wykorzystanymi we wstępnej ocenie jakości powietrza w województwie łódzkim dla pyłu PM_{2,5} będą wynosiły następująco:

- **poziom dopuszczalny 25ug/m³;**
- **górnny próg oszacowania 17ug/m³;**
- **dolny próg oszacowania 12ug/m³.**

Tabela 1. Klasyfikacja aglomeracji i stref na potrzeby ocen rocznych jakości powietrza dla pyłu PM_{2,5}

Najwyższe stężenia zanieczyszczenia w aglomeracji/ strefie	Klasa aglomeracji /strefy	Wymagania dotyczące metod ocen rocznych
Powyżej poziomu dopuszczalnego	3b	Obowiązek lub priorytet prowadzenia pomiarów stałych na obszarach przekroczeń poziomu dopuszczalnego w strefie.
Powyżej górnego progu oszacowania	3a	Pomiary stałe, wysokiej jakości. Wyniki pomiarów mogą być uzupełniane technikami modelowania lub pomiarami wskaźnikowymi w celu zapewnienia odpowiedniej informacji na temat przestrzennego rozkładu stężeń PM _{2,5} w powietrzu.
Pomiędzy górnym i dolnym progiem oszacowania	2	Pomiary (obowiązkowo) stałe mogą być kombinowane z pomiarami wskaźnikowymi lub technikami modelowania, lub obiektywnego szacowania.
Poniżej dolnego progu oszacowania	1	Wystarczające są techniki modelowania lub obiektywnego szacowania.

Informacje ogólne dotyczące sporządzenia niniejszej oceny, w tym m.in. dane kontaktowe osoby przygotowującej informację oraz zakres danych wziętych pod uwagę przy ocenie zawiera tabela 2.

Na podstawie Wskazówek do oceny wstępnej zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5} oceny jakości powietrza w Polsce dla pyłu PM_{2,5} dokonuje się w podziale na

aglomeracje o liczbie mieszkańców powyżej 250tys. Oraz obszary województw z wyłączeniem aglomeracji.

W związku z powyższym w województwie łódzkim wydzielono 2 strefy oceny jakości powietrza dla pyłu PM_{2,5}, przedstawione w tabeli 3. Granice stref oceny jakości powietrza pod kątem pyłu PM_{2,5} przedstawia mapa 1.

Tabela 2. Informacje ogólne

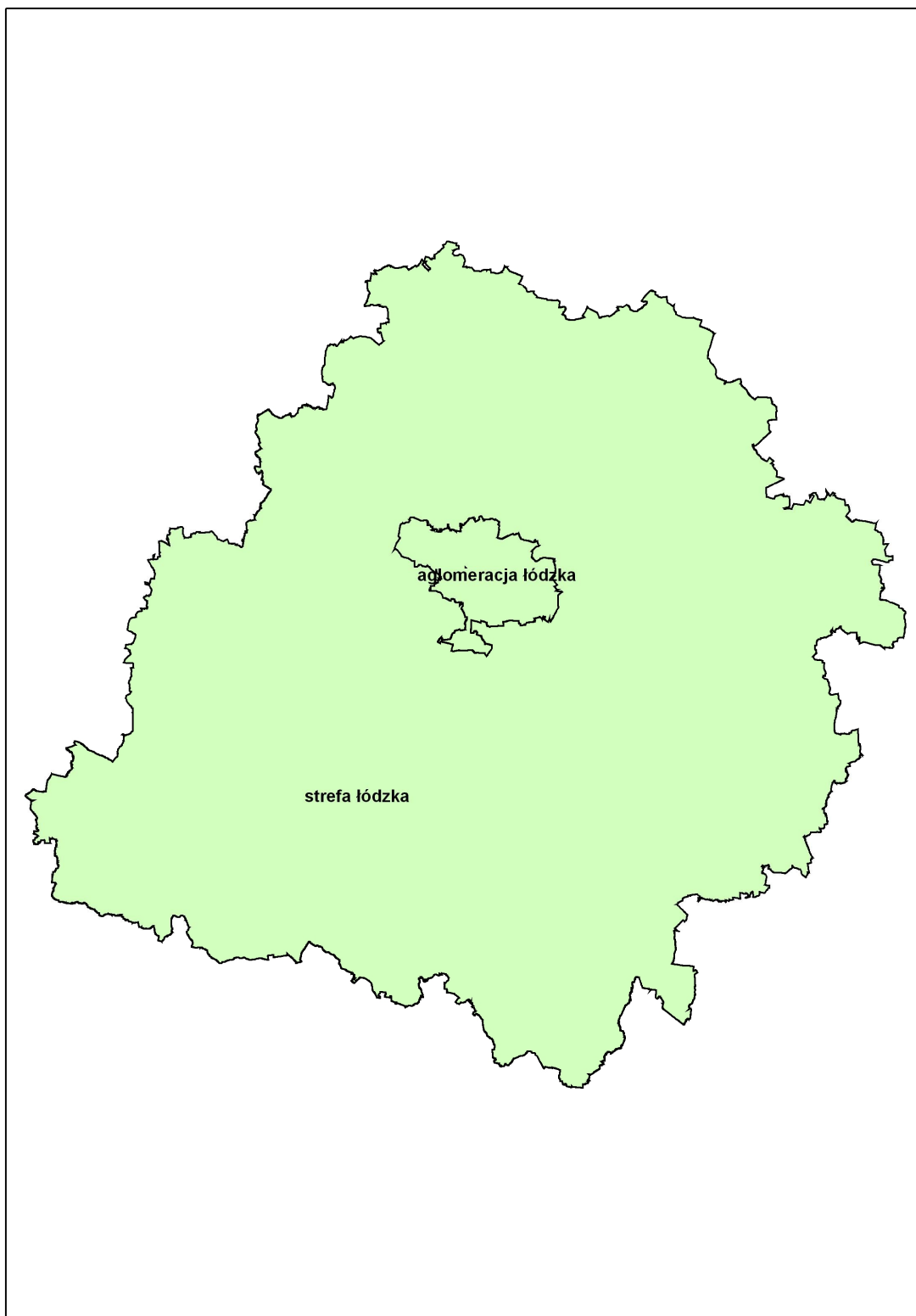
Województwo	Nazwa i adres siedziby wojewódzkiego inspektoratu ochrony środowiska	Osoba przygotowująca informacje	Telefon kontaktowy	fax	e-mail	Data przygotowania informacji	Okres z którego dane wykorzystano na potrzeby klasyfikacji
1	2	3	4	5	6	7	8
łódzkie	Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi	Bartłomiej Świąteczak	(0-42) 632-15-20	(0-42) 633-33-33	monitoring@wios.lodz.pl	18.09.2009r.	01.01.2004 – 31.12.2008

Tabela 3. Strefy oceny jakości powietrza pod kątem pyłu PM2,5 w województwie łódzkim

Lp.	Nazwa i kod strefy dla celów oceny jakości powietrza pod kątem zawartości pyłu PM2,5		Aglomeracja [tak/nie]	Obszar strefy [km ²]	Liczba mieszkańców w strefie [tys.]	Powiaty wchodzące w skład strefy
	Nazwa	Kod				
1	Aglomeracja łódzka	PL1001	Tak	512	933	Łódź – miasto na prawach powiatu Gmina Pabianice Gmina Konstantynów Łódzki Gmina Zgierz Gmina Aleksandrów Łódzki
2	Strefa łódzka PM2,5	PL1002	nie	17708	1633	Piotrków Trybunalski – miasto na prawach powiatu Skierniewice – miasto na prawach powiatu powiat kutnowski powiat łęczycki powiat pabianicki * powiat poddębicki powiat zgierski ** powiat bełchatowski powiat opoczyński powiat pajęczański powiat piotrkowski powiat radomszczański powiat tomaszowski powiat łaski powiat sieradzki powiat wieluński powiat wieruszowski powiat zduńskowolski powiat brzeziński powiat łowicki powiat łódzki-wschodni powiat rawski powiat skierniewicki

* obszar powiatu pabianickiego z wyłączeniem gminy Pabianice i Konstantynów Łódzki

** obszar powiatu zgierskiego z wyłączeniem gminy Zgierz oraz Aleksandrów Łódzki



Mapa 1. Granice stref oceny jakości powietrza pod kątem pyłu PM_{2,5}

2. Emisja pyłu drobnego PM 2,5 i jego prekursorów w województwie łódzkim w 2008r.

Pył drobny PM 2,5 jest uznawany za jedną z najbardziej toksycznych substancji w powietrzu atmosferycznym. Jest zanieczyszczeniem o zróżnicowanym składzie chemicznym. Może zawierać metale ciężkie, dioksyny, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Jest również dobrym transporterem dla zanieczyszczeń biologicznych tj. wirusy i bakterie. Jest szczególnie niebezpieczny ze względu na swoje małe rozmiary, które umożliwiają mu przenikanie do układu oddechowego człowieka.

Głównym źródłem antropogenicznej emisji PM 2,5 jest sektor komunalno bytowy i transport. Znacząca emisja występuje również z punktowych źródeł emisji energetycznej i technologicznej. Ponadto dużym źródłem emisji pyłu PM 2,5 i jego prekursorów jest rolnictwo, głównie poprzez emisje z hodowli zwierząt, spalania odpadów rolniczych, pylenia pól i roślin. Istotnym źródłem jest również emisja związana z wydobywaniem surowców, ich składowaniem, przeładunkiem i transportem.

Do tego dochodzi naturalna emisja pyłu drobnego PM 2,5 tj. pożary, naturalne procesy kruszenia i pylenia, emisja lotnych związków organicznych z lasów, pylenie roślin.

2.1 Emisja pierwotna pyłu drobnego PM 2,5

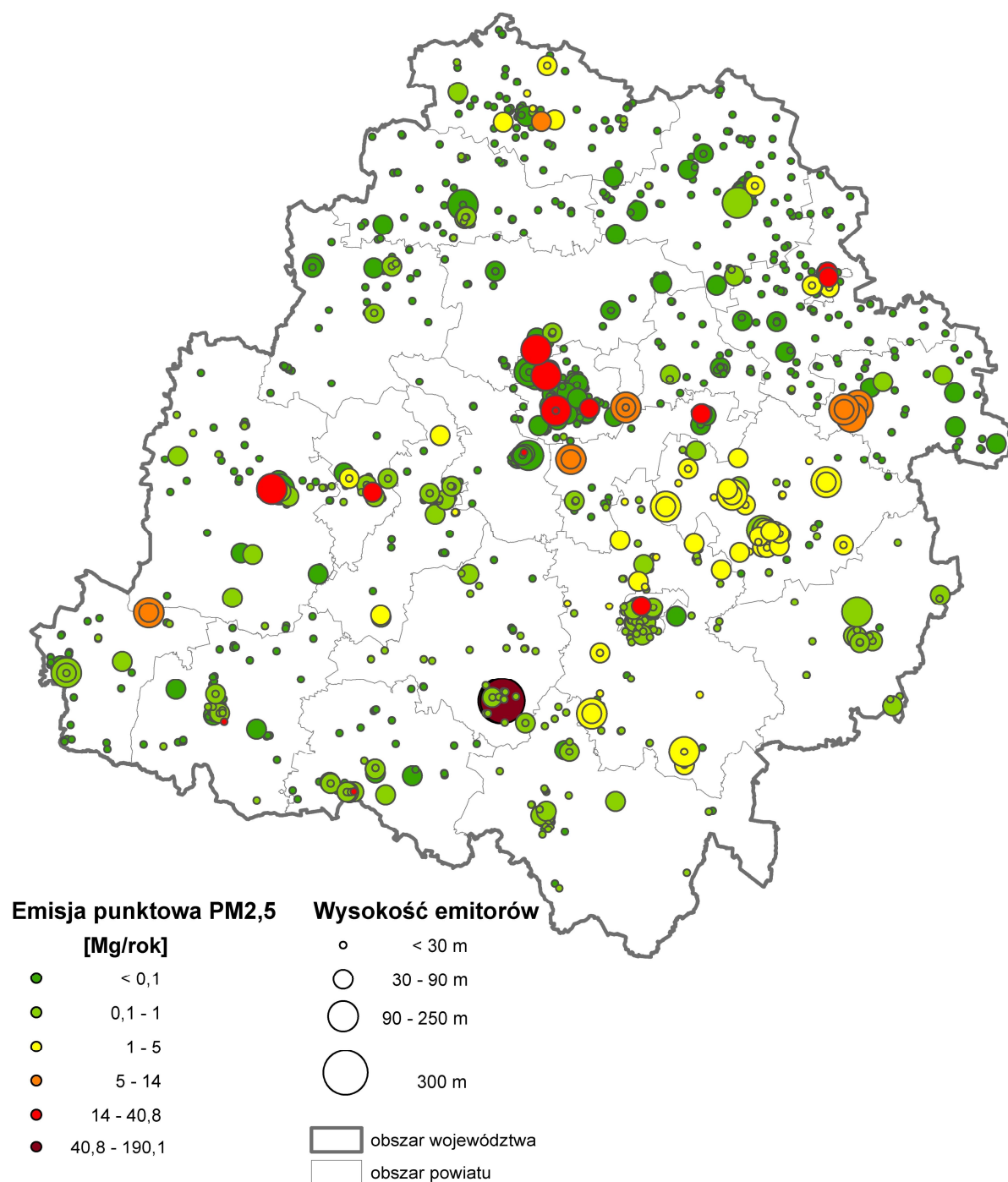
Całkowita emisja pyłu PM 2,5 z obszaru województwa wyniosła w 2008r. 23901,4 tony [3]. Pył drobny emitowany jest głównie w wyniku spalania. Dominuje emisja powierzchniowa z małych źródeł komunalnych. Udział emisji powierzchniowej w emisji całkowitej pyłu PM 2,5 z obszaru województwa wynosi 71,1%. Dochodzi do tego emisja przemysłowa i drogową.

W wyniku spalania następuje emisja niepalnych cząstek paliwa, oraz cząstek, które w danych warunkach nie uległy całkowitemu spalaniu. Na nich kondensują substancje odparowane podczas spalania i związki powstałe w reakcjach chemicznych zanieczyszczeń.

Emisja punktowa pyłu PM 2,5

Emisja punktowa pyłu PM 2,5 z obszaru województwa wyniosła w 2008r. 5559,4 tony [3]. Mapa 2 pokazuje rozmieszczenie źródeł punktowych pyłu PM 2.5. Największa emisja

punktowa pyłu drobnego wystąpiła w powiecie bełchatowskim, za co odpowiada głównie PGE Elektrownia Bełchatów S.A.



Mapa 2. Emisja punktowa pyłu drobnego PM_{2,5} w województwie łódzkim w 2008r. (źródło danych: Biuro Studiów i Pomiarów Proekologicznych EKOMETRIA Sp. z o. o. [3])

Emitory o wysokości powyżej 90m stanowiące niespełna 1,5% zewidencjonowanych kominów emitują łącznie 37,7 % emisji punktowej pyłu PM_{2,5}. W urządzeniach

oczyszczających opartych na sile bezwładności, sile grawitacji, sile elektrycznej bądź wielkości cząstki frakcja pyłu drobnego PM 2,5 jest najsłabiej usuwana. Im wyższa skuteczność systemu odpylania tym większy udział frakcji PM 2,5 w pyłe emitowanym do atmosfery. Pył opuszczający elektrofiltr o wysokiej sprawności to w ponad 80% PM 2,5 [4].

Emisja liniowa pyłu PM 2,5

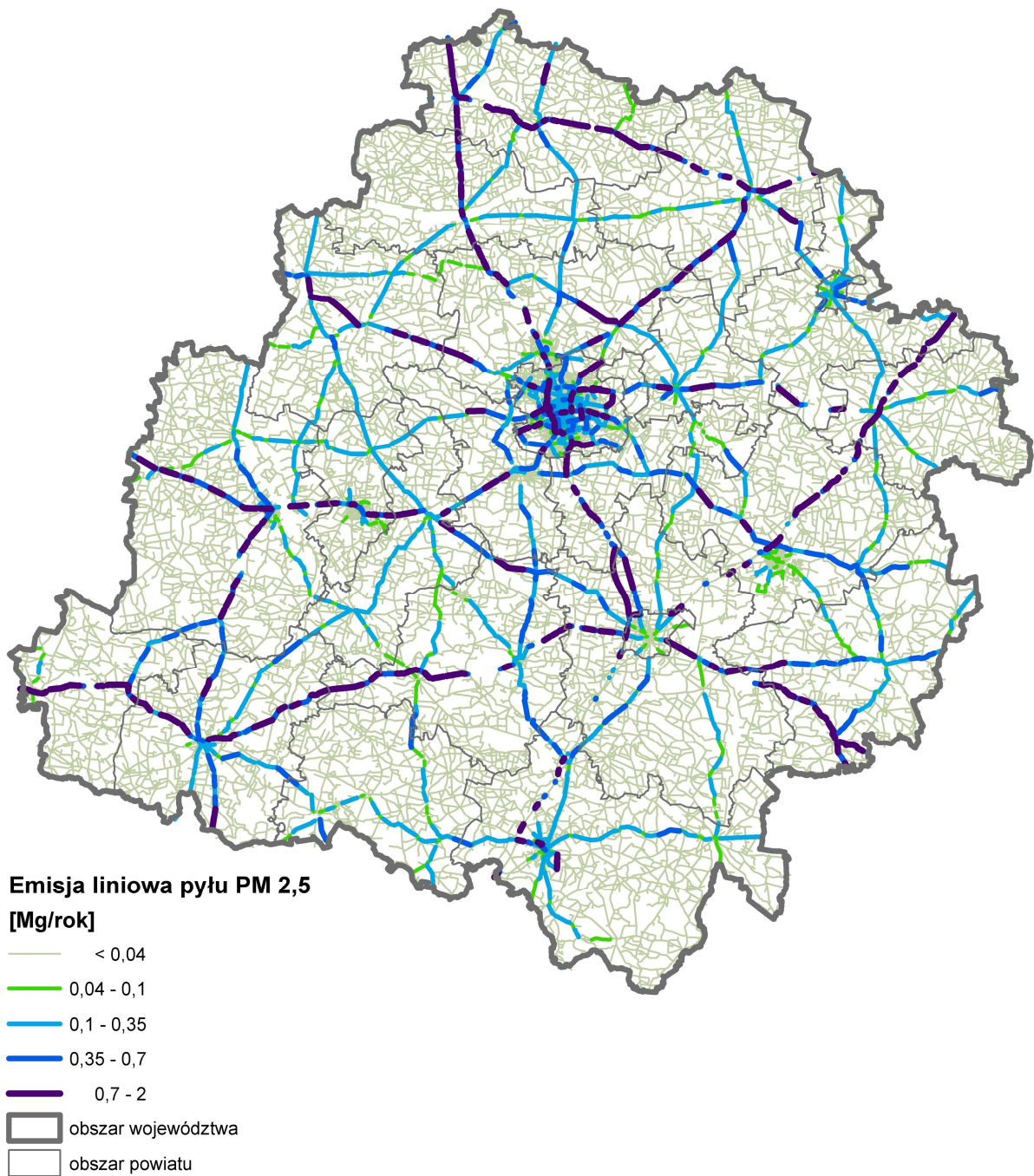
Emisja liniowa pyłu PM_{2,5} z obszaru województwa wyniosła w 2008r. 1350,9 tony [3]. Emisję liniową pyłu drobnego stanowi głównie emisja spalinowa. Na powstawanie pyłu PM_{2,5} w silnikach duży wpływ ma proces wtrysku paliwa i warunki procesu spalania. Słabe mieszanie i niska temperatura powodują niecałkowite spalanie co sprzyja powstawaniu drobnych frakcji pyłu. Emisja pyłu z silników Diesla jest większa niż z silników benzynowych.

Oprócz emisji spalinowej znaczący udział ma również emisja związana ze zużyciem opon, hamulców i ścieraniem nawierzchni dróg. Wielkość tej emisji zależy od ciężaru pojazdu. Im większy pojazd tym intensywniejsze zużywanie i ścieranie. Wprowadzenie opon radiacyjnych zmniejsza emisję pyłu. Jednakże pył emitowany z tych opon ma mniejszą średnicę [4].

Emisję liniową pyłu drobnego szczegółowo przedstawia mapa 2.

Największe strumienie zanieczyszczeń komunikacyjnych pokrywają się z głównymi węzłami komunikacyjnymi miasta Łodzi, Piotrkowa Trybunalskiego, Sieradza, Krośniewic, Wielunia, Kutna, Rawy Mazowieckiej i Tomaszowa Mazowieckiego.

W miastach według szacunków emisji wyznaczonej na podstawie natężenia ruchu największa emisja liniowa występuje na trasach przelotowych. W oszacowaniu nie uwzględnia się jednak emisji powstałej w wyniku tworzenia się korków.

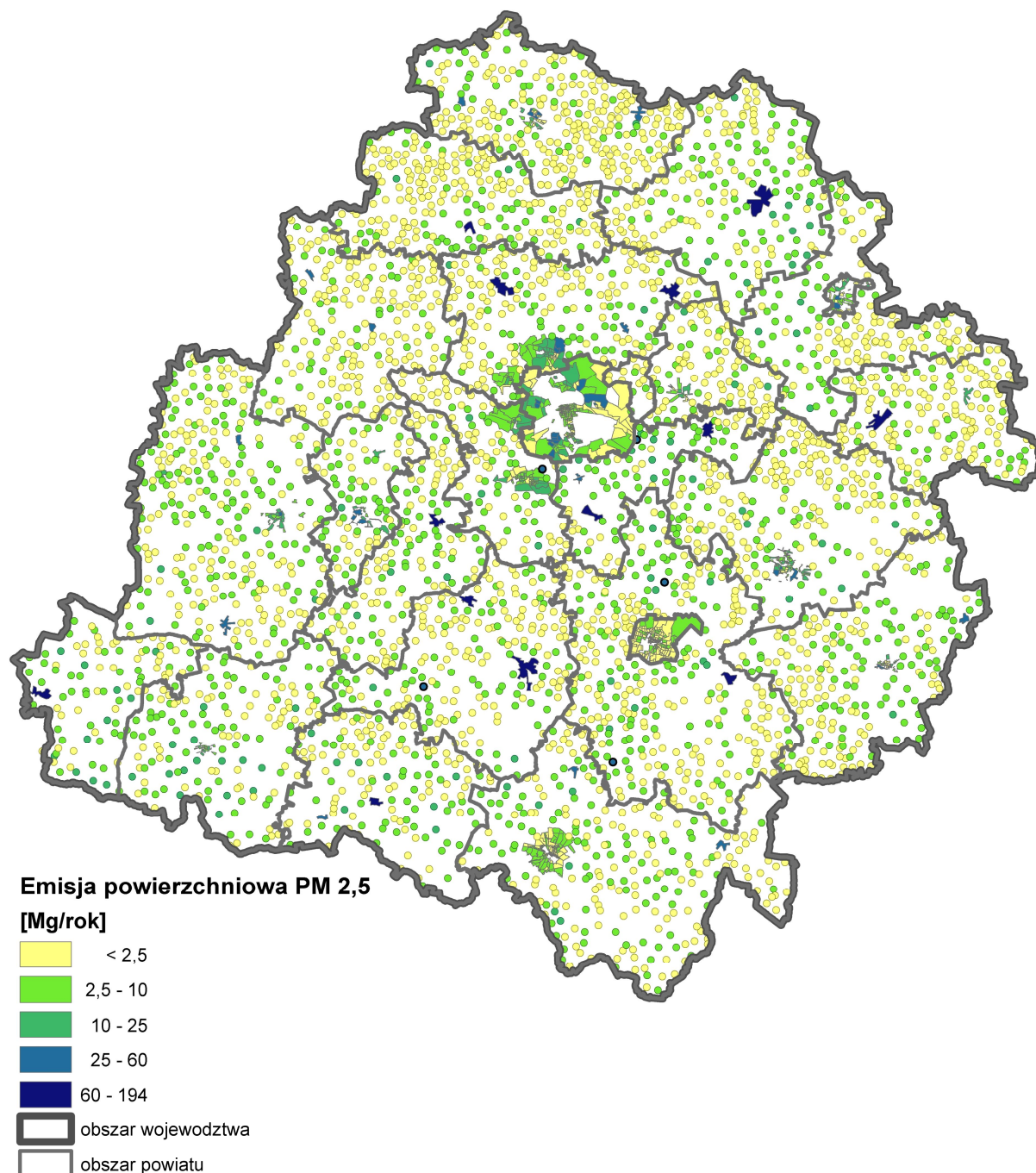


Mapa 3. Emisja liniowa pyłu drobnego PM 2,5 w województwie łódzkim w 2008r. (źródło danych: Biuro Studiów i Pomiarów Proekologicznych EKOMETRIA Sp. z o. o. [3])

Emisja powierzchniowa pyłu PM 2,5

W 2008r. z obszaru województwa łódzkiego wyemitowano ze źródeł powierzchniowych 16991,1 ton pyłu drobnego [3]. Dane o wielkości emisji powierzchniowej w województwie łódzkim zostały oszacowane na podstawie informacji o liczbie ludności w obwodach spisowych, powierzchni ogrzewanej i rodzaju paliwa w indywidualnych

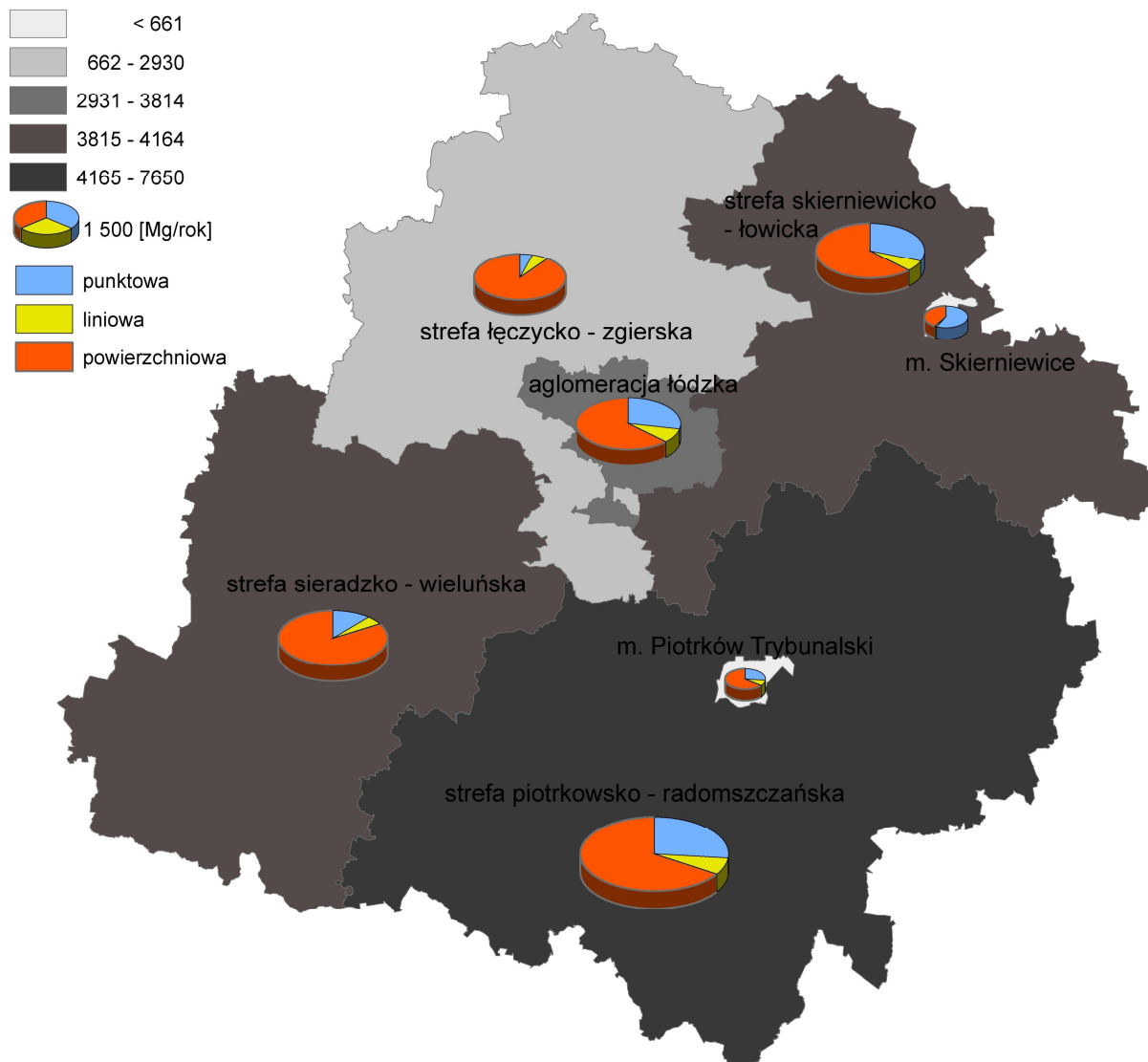
systemach grzewczych. Rodzaj paliwa ma ogromny wpływ na skład frakcyjny emitowanego pyłu. Według Krajowego Centrum Inwentaryzacji Emisji udział frakcyjny pyłu drobnego PM_{2,5} przy spalaniu biomasy wynosi 93%. Dla pozostałych paliw udziały PM_{2,5} wynoszą: 60% dla odpadów, 30% dla koksu i 13 dla węgla [4].



Mapa 4. Emisja powierzchniowa pyłu drobnego PM_{2,5} w województwie łódzkim w 2008r. (źródło danych: Biuro Studiów i Pomiarów Proekologicznych EKOMETRIA Sp. z o. o. [3])

Emisja całkowita PM 2,5 [Mg/rok]

w strefach w 2008r.



Mapa 5. Suma emisji pyłu drobnego PM 2,5 ze źródeł punktowych, liniowych i powierzchniowych w województwie łódzkim w 2008r w strefach oceny dla PM₁₀ (źródło danych: Biuro Studiów i Pomiarów Proekologicznych EKOMETRIA Sp. z o. o. [3]).

2.2 Emisja prekursorów pyłu drobnego PM 2,5

Dwutlenek siarki i dwutlenek azotu

Najwięcej dwutlenku siarki i dwutlenku azotu emitują źródła punktowe. Udział w emisji punktowej w emisji całkowitej wynosi 85,3% dla SO₂ i 71,7% dla NO₂. Dodatkowo duże znaczenie ma emisja powierzchniowa dla SO₂ i liniowa dla NO₂. Bardziej szczegółowo przedstawia to tabela 4.

Tabela 4. Emisja dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w województwie łódzkim w 2008r. (źródło danych: Urząd Marszałkowski w Łodzi, Biuro Studiów i Pomiarów Proekologicznych EKOMETRIA Sp. z o. o. [3])

Zanieczyszczenie	Emisja [tony/rok]			
	punktowa	liniowa	powierzchniowa	całkowita
Dwutlenek siarki	77413,6	40,6	13291,3	98758,3
Dwutlenek azotu	52071,7	13371,8	7162,8	73031,6

Amoniak

Emisja punktowa amoniaku z obszaru województwa łódzkiego w 2008r. wyniosła 85,9 ton. (źródło Urząd Marszałkowski w Łodzi)

Niemetanowe lotne związki organiczne

Głównym zewidencjonowanym antropogenicznym źródłem emisji niemetalowych lotnych związków organicznych są indywidualne systemy grzewcze. Emisja powierzchniowa NLZO w województwie łódzkim wyniosła 15298,9 tony. Emisja ze zorganizowanych źródeł punktowych osiągnęła wartość 1917,9 ton [3].

3. Metody oceny wstępnej zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5}

W celu określenia poziomu emisji pyłu drobnego w województwie łódzkim w latach 2004-2008 wykorzystano 2 źródła danych. Podstawą do określenia udziału pyłu PM_{2,5} w ogólnej masie pyłu zawieszonego PM₁₀ oraz ogólnego określenia poziomu emisji w poszczególnych latach były serie pomiarów stężenia pyłu PM_{2,5} ze stacji pomiarowej w Łodzi przy ul. Legionów 1. Stacja ta zlokalizowana została w 2004r. w obszarze ścisłego śródmieścia Łodzi. Wyniki pomiarów odzwierciedlają wpływ emisji niskiej oraz „rozmytej” emisji komunikacyjnej z okolicznych arterii komunikacyjnych miasta na poziom emisji pyłu drobnego w centrum miasta. Niestety ze względu na błędną kalibrację przepływu część serii

pomiarowych z drugiej połowy 2007r. i pierwszej połowy 2008r. zostały zweryfikowane negatywnie. Stąd w ocenie wykorzystano wyłącznie serie pomiarowe z lat 2004-2006. Opis w/w stacji pomiarowej przedstawia tabela 5.

Drugim źródłem danych o poziomie koncentracji pyłu PM_{2,5} w województwie było matematyczne modelowanie jakości powietrza, przy użyciu modelu CAMx, uwzględniającego przemiany chemiczne substancji w atmosferze.

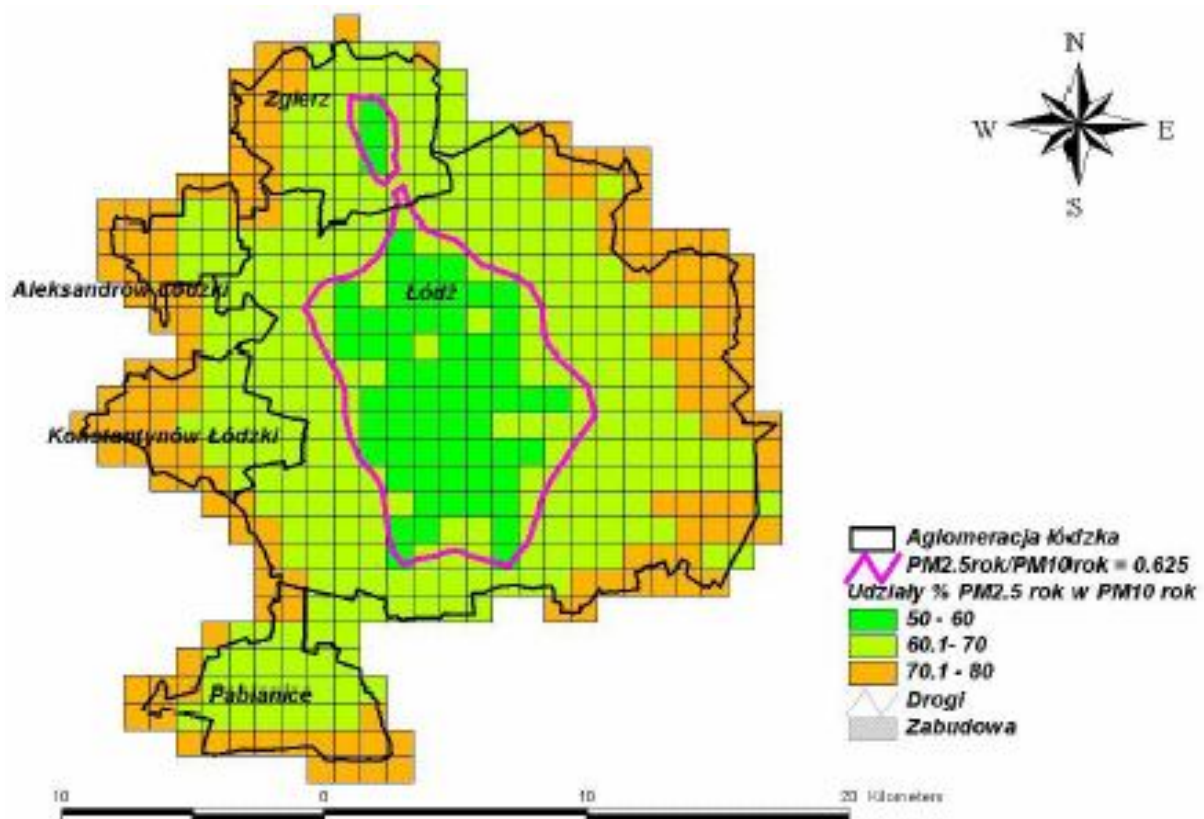
Serie pomiarowe posłużyły m.in. do kalibracji modelu CAMx, stanowiącego podstawowe narzędzie do przestrzennego określenia zasięgów pól emisji pyłu drobnego.

Model CAMx został także wykorzystany jedno z podstawowych narzędzi w pracach nad prognozami zanieczyszczenia powietrza pyłem drobnym w Polsce na lata 2010, 2015, 2020 wykonanymi dla obszaru kraju. Prognozy te wykorzystane zostały m.in. do stworzenia *wskazówek do oceny wstępnej zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5}*.

Na potrzeby obu powyższych opracowań oszacowany został udział pyłu drobnego PM_{2,5} w ogólnej masie pyłu PM₁₀ w powietrzu w województwie łódzkim (przedstawiony mapie 6).

Na podstawie pomiarów na stacji Łódź – Legionów 1 stwierdzono, że udział drobnej frakcji pyłu w ogólnej masie pyłu zawieszonego PM₁₀ wynosił 56%. Wartość tego wskaźnika wahała się w różnych częściach Polski od 0,50 do 0,75%. Jednakże w świetle porównania większej liczby serii pomiarów pyłu PM_{2,5} i PM₁₀ z obszaru całego kraju, do obliczeń przyjęto wyższy udział pyłu drobnego w pyłe zawieszonym PM₁₀.

Nadanie klasy jakości powietrza 3_a jest warunkowane występowaniem przekroczeń górnego progu oszacowania minimum przez 3 z 5 badanych lat. Analogicznie nadanie klasy 3_b wymaga wystąpienia w strefie przekroczeń poziomu dopuszczalnego pyłu PM_{2,5} w ciągu 3 z 5 badanych lat.



Mapa 6. Udział pyłu PM_{2,5} w ogólnej masie pyłu PM₁₀, aglomeracja łódzka, 2005 rok
 Źródło: Opracowanie prognozy zanieczyszczenia powietrza pyłem drobnym w Polsce na lata 2010, 2015, 2020..., BSiPP Ekometria Sp zo.o., 2009

Tabela 5. Wykaz stałych stacji pomiarowych PM_{2,5}, z których wyniki wykorzystano w ocenie

Strefa		Stacja pomiarowa			Właściciel stacji	Czas uśredniania	Metoda pomiaru *	Rok	Średnia roczna [µg/m ³]	Kompletność [%]	Współczynnik korekcyjny
Nazwa strefy	Kod strefy	Nazwa stacji	Kod krajowy stacji	Kod międzynarodowy stacji							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aglomeracja łódzka	PL1001	Łódź-Legionów1	LdLodzWSSEMLegiono	PL0100A	WSSE	24-godz.	M21	2004	22,5	78,1	1
Aglomeracja łódzka	PL1001	Łódź-Legionów1	LdLodzWSSEMLegiono	PL0100A	WSSE	24-godz.	M21	2005	23,8	83,8	1
Aglomeracja łódzka	PL1001	Łódź-Legionów1	LdLodzWSSEMLegiono	PL0100A	WSSE	24-godz.	M21	2006	24,6	72,9	1
Aglomeracja łódzka	PL1001	Łódź-Legionów1	LdLodzWSSEMLegiono	PL0100A	WSSE	24-godz.	M21	2007	17,1	48,2	1
Aglomeracja łódzka	PL1001	Łódź-Legionów1	LdLodzWSSEMLegiono	PL0100A	WSSE	24-godz.	M21	2008	23,1	50,8	1

* M21 – metoda manualna grawimetryczna, pobornik o dużym przepływie powietrza

4. Wyniki klasyfikacji stref wstępnej oceny jakości powietrza pod kątem pyłu PM_{2,5} w województwie łódzkim

Wyniki obliczeń zasięgów pól imisji pyłu drobnego PM_{2,5} przy użyciu modelu CAMx wykazała w latach 2004-2008 liczne obszary przekroczeń GPO. Ponadto w 2004r. wykazano na terenie liczne obszary przekroczeń poziomu dopuszczalnego D_a na obszarze Aglomeracji łódzkiej oraz następujących miast w województwie:

Działoszyn,

Kutno,

Łask

Piotrków Trybunalski,

Radomsko,

Sieradz,

Skierniewice,

Tomaszów Mazowiecki,

Wieluń,

Zduńska Wola.

W kolejnych latach badanego pięciolecia znaczniesze obszary przekroczenia D_a występowały wyłącznie na terenie Aglomeracji łódzkiej, Tomaszowa Mazowieckiego (w latach: 2005, 2006, 2008) oraz Piotrkowa Trybunalskiego (tylko w 2005r.) – patrz rozdz. 5.

Na podstawie przeglądu wyników obliczeń można stwierdzić, że wartość GPO była przekraczana przez co najmniej 3 lata w następujących miastach strefy łódzkiej PM_{2,5}:

Działoszyn,

Kutno.

Łask,

Piotrków Trybunalski,

Radomsko,

Sieradz,

Skierniewice,

Tomaszów Mazowiecki,

Wieluń,

Zduńska Wola,

Oznacza to, że problem nadmiernej koncentracji pyłu PM_{2,5} w województwie łódzkim może być znaczny i wymaga dokładnego pomiaru. W związku z powyższym obie strefy oceny zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5} w województwie łódzkim zostały zaklasyfikowane do klasy 3b. Uznano, że niezbędna jest budowa sieci pomiarów manualnych pyłu PM_{2,5}, zwłaszcza poza obszarem Aglomeracji Łódzkiej, gdzie brak jest jakichkolwiek pomiarów pyłu drobnego. Ze względu na rozmieszczenie w 2009r. 2 kolejnych stanowisk pomiaru stężenia pyłu PM_{2,5} w Aglomeracji Łódzkiej (pomiarów automatycznych w Łodzi i Zgierzu) oraz planowane posadowienie w tym samym roku stanowiska do celu określenia współczynnika średniego narażenia ludności w Łodzi na pył PM_{2,5}, należy uznać iż sieć pomiarowa w tej strefie oceny będzie dostateczna.

Wyniki klasyfikacji stref oceny ze względu na stężenia pyłu PM_{2,5} przedstawia tabela 6. Kody metod oceny uwzględnionych w tabeli 6 przedstawia tabela 7.

Zasięgi poszczególnych poziomów średniej rocznej wartości stężenia pyłu PM_{2,5} w województwie, przedstawiono dla poszczególnych lat 2004-2008, na mapach 7-11.

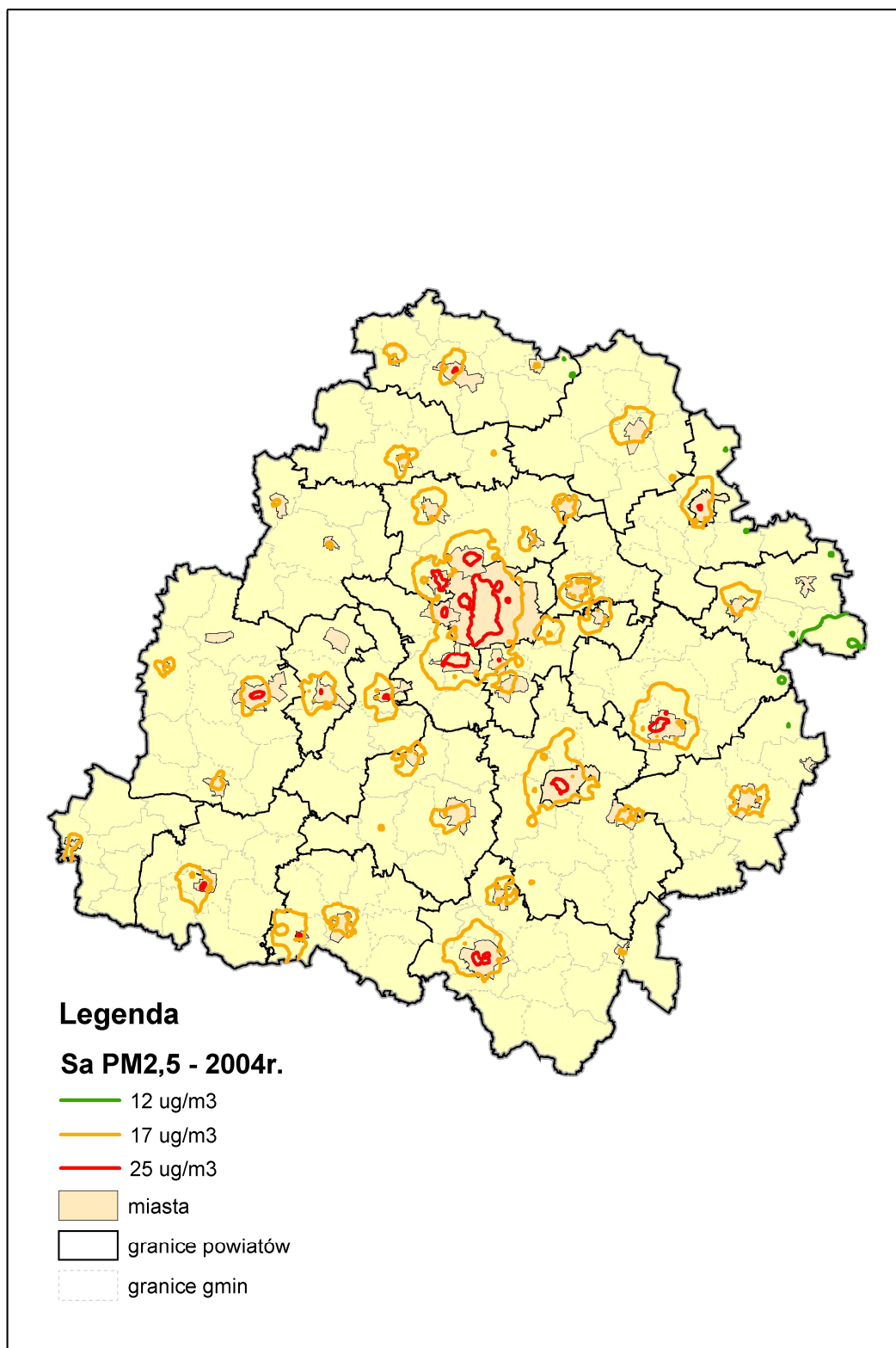
Tabela 6. Wyniki klasyfikacji stref

Nazwa strefy	Kod strefy	Symbol klasy dla obszaru strefy	Wymagana metoda oceny rocznej	Wykorzystana metoda oceny wstępnej	Okres, którego dotyczyły pomiary i analiza będące podstawą do wykonania oceny		Lata, w których stężenie średnie roczne S_a spełniało warunek				Minimalna liczba wymaganych stanowisk	Liczba stanowisk PM2,5, z których wyniki wykorzystano w ocenie	Liczba stanowisk PM2,5, z których wyniki wykorzystano w ocenie oddziaływania źródeł emisji niezorganizowanej lub małych źródeł emisji)	Liczba stanowisk PM2,5, z których wyniki wykorzystano w ocenie (oddziaływanie dużych instalacji)	Liczba brakujących stanowisk PM2,5
					Pierwszy rok	Ostatni rok	$S_a \leq DP_0$	$DPO < S_a \leq GP_0$	$GPO < S_a \leq Da$	$S_a > Da$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aglomeracja łódzka	PL1001	3b	PWJ	PM/M	2004	2006				2004 2005 2006 2007 2008	4	1	1	0	1*
Strefa łódzka PM2,5	PL1002	3b	PWJ	M	2004	2008			2007 2008	2004 2005 2006	4	0	0	0	4

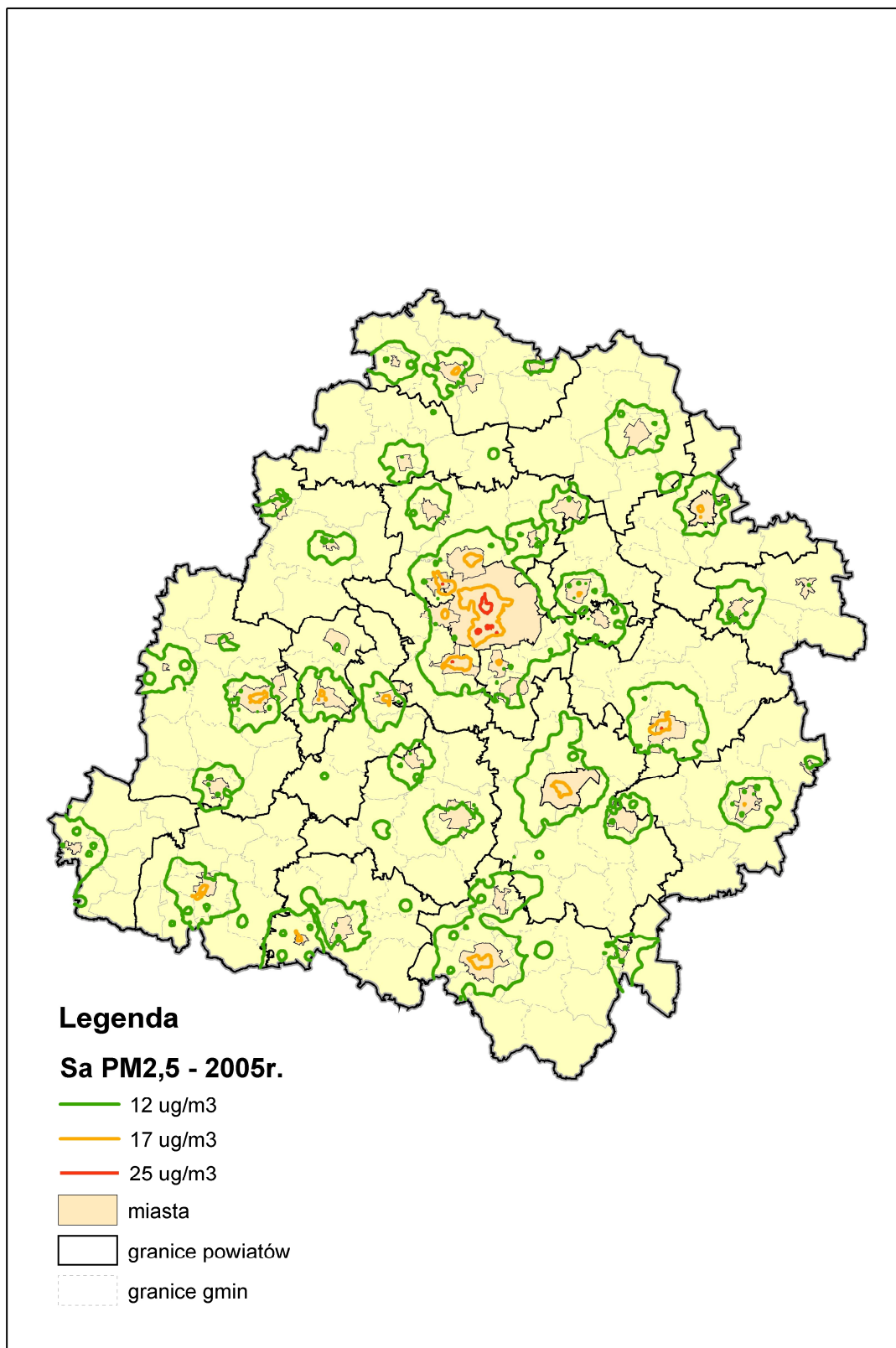
* - W 2009r. na terenie Aglomeracji łódzkiej rozmieszczone były 3 stanowiska pomiaru stężenia pyłu PM2,5

Tabela 7. Kody wymaganych oraz wykorzystanych metod oceny

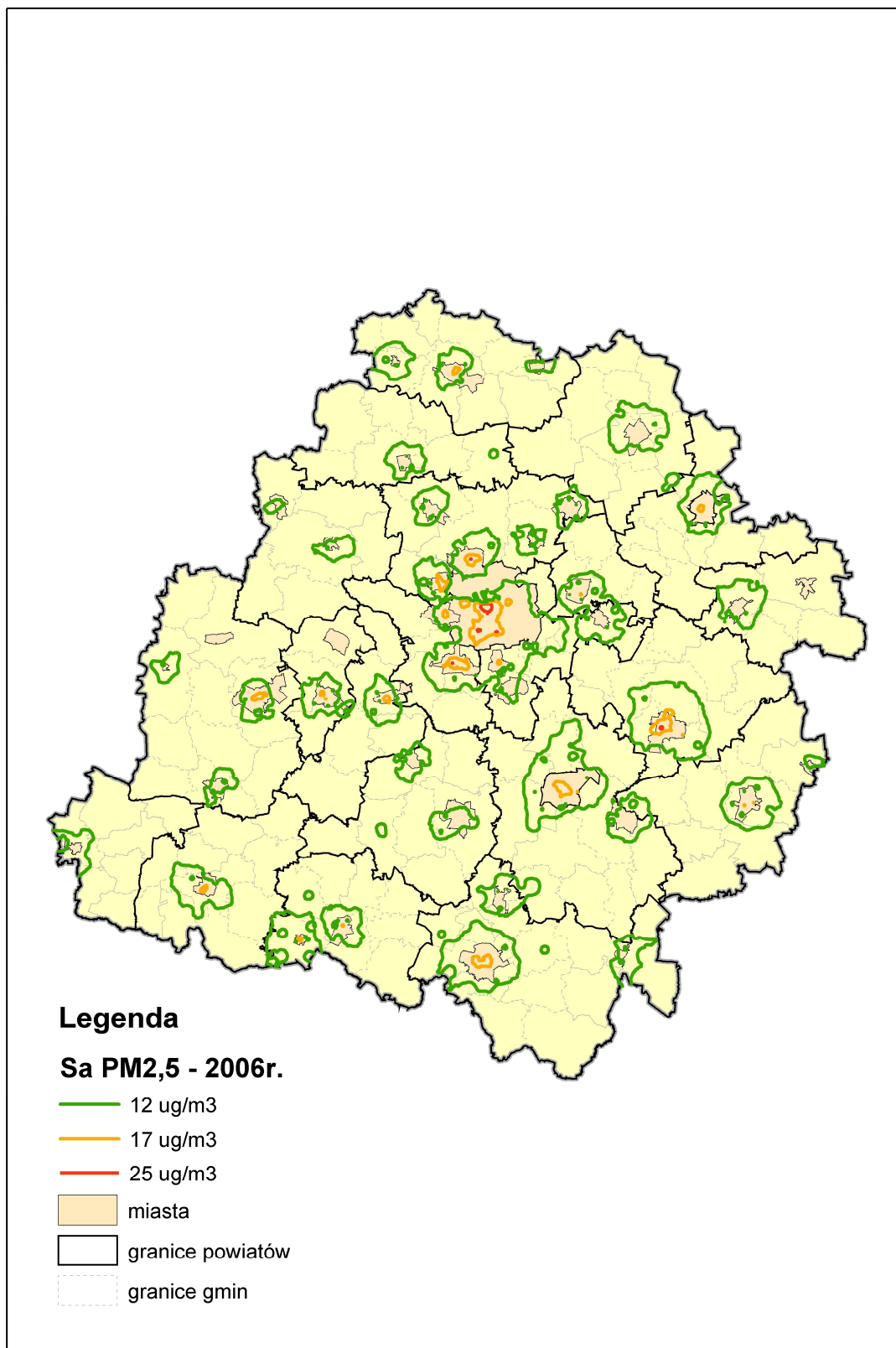
Kody wymaganych metod oceny		Kody wykorzystanych metod oceny	
Kod	Metoda oceny	Kod	Metoda Oceny
PWJ	Pomiary wysokiej jakości	PA	Pomiary automatyczne w stałych punktach
		PM	Pomiary manualne w stałych punktach
PMI	Pomiary mniej intensywne	PS	Pomiary okresowe w stałych punktach
		PO	Pomiary okresowe mobilne w stałych punktach
M	Modelowanie matematyczne	M	Modelowanie matematyczne
I	Metody szacunkowe	IP	Pomiary nie stanowiące wystarczającej podstawy do oceny
		IM	Wyniki modelowania nie stanowiące wystarczającej podstawy do oceny
		IW	Obliczenia na podstawie wyników pomiarów PM10
		IA	Analogia do wyników pomiarów/stężeń pomierzonych w innym obszarze
		IO	Analogia do wyników pomiarów/stężeń pomierzonych w danym obszarze w innym okresie
		II	Inne metody szacowania



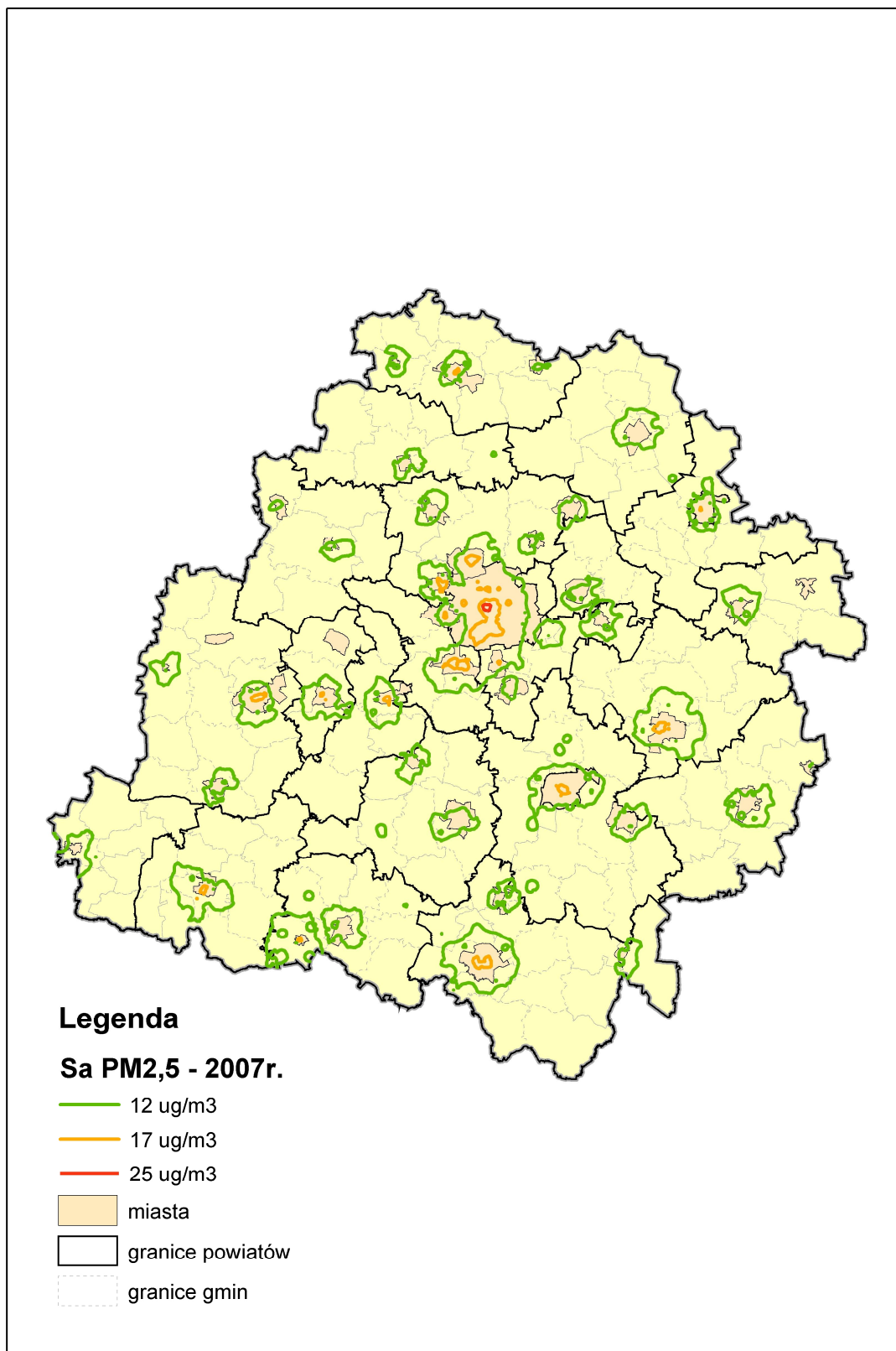
Mapa 7. Zasięgi pól imisji pyłu PM_{2,5} w województwie łódzkim w roku 2004



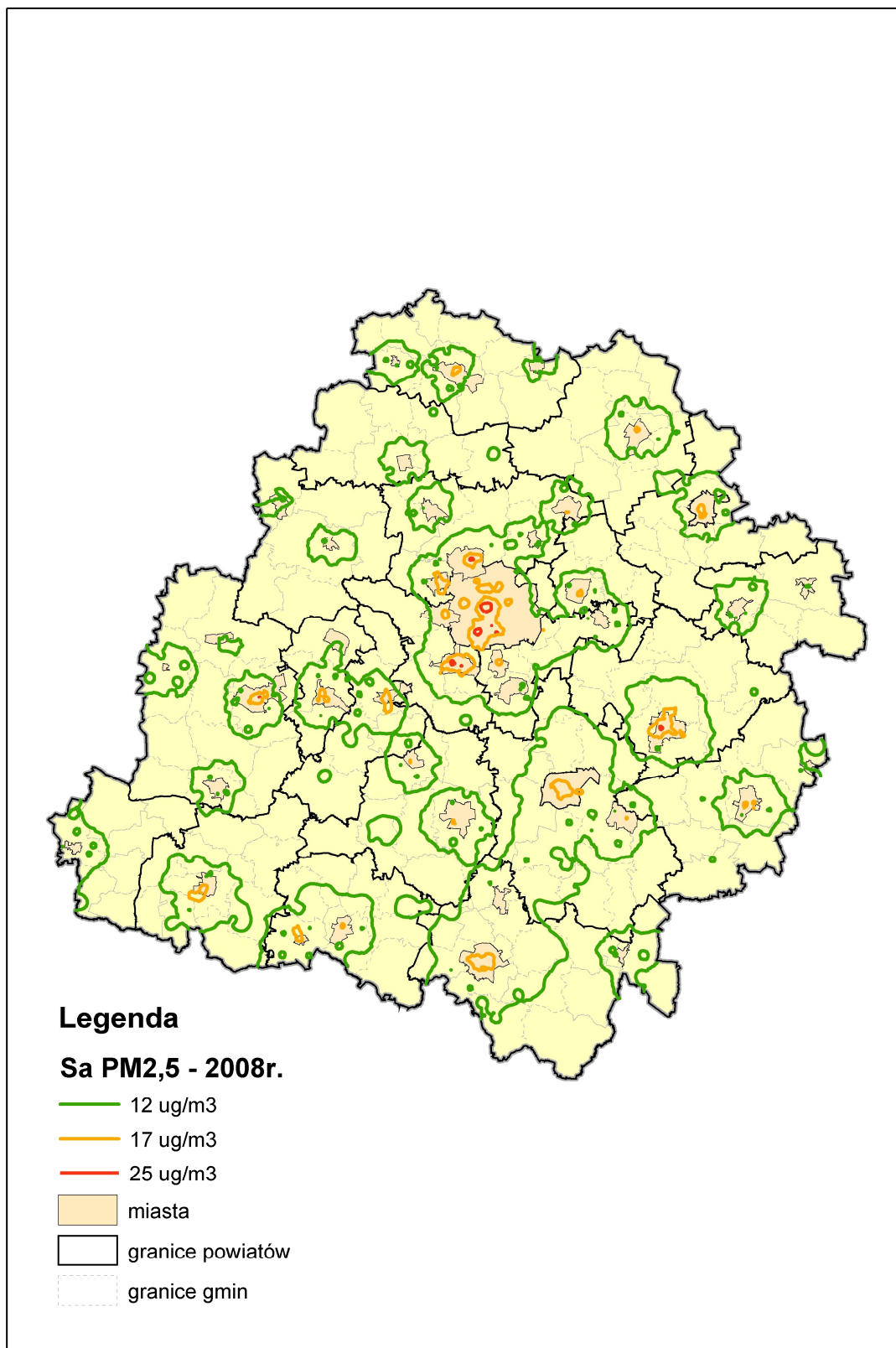
Mapa 8. Zasięgi pól imisji pyłu PM2,5 w województwie łódzkim w roku 2005



Mapa 9. Zasięgi pól imisji pyłu PM2,5 w województwie łódzkim w roku 2006



Mapa 10. Zasięgi pól imisji pyłu PM2,5 w województwie łódzkim w roku 2007



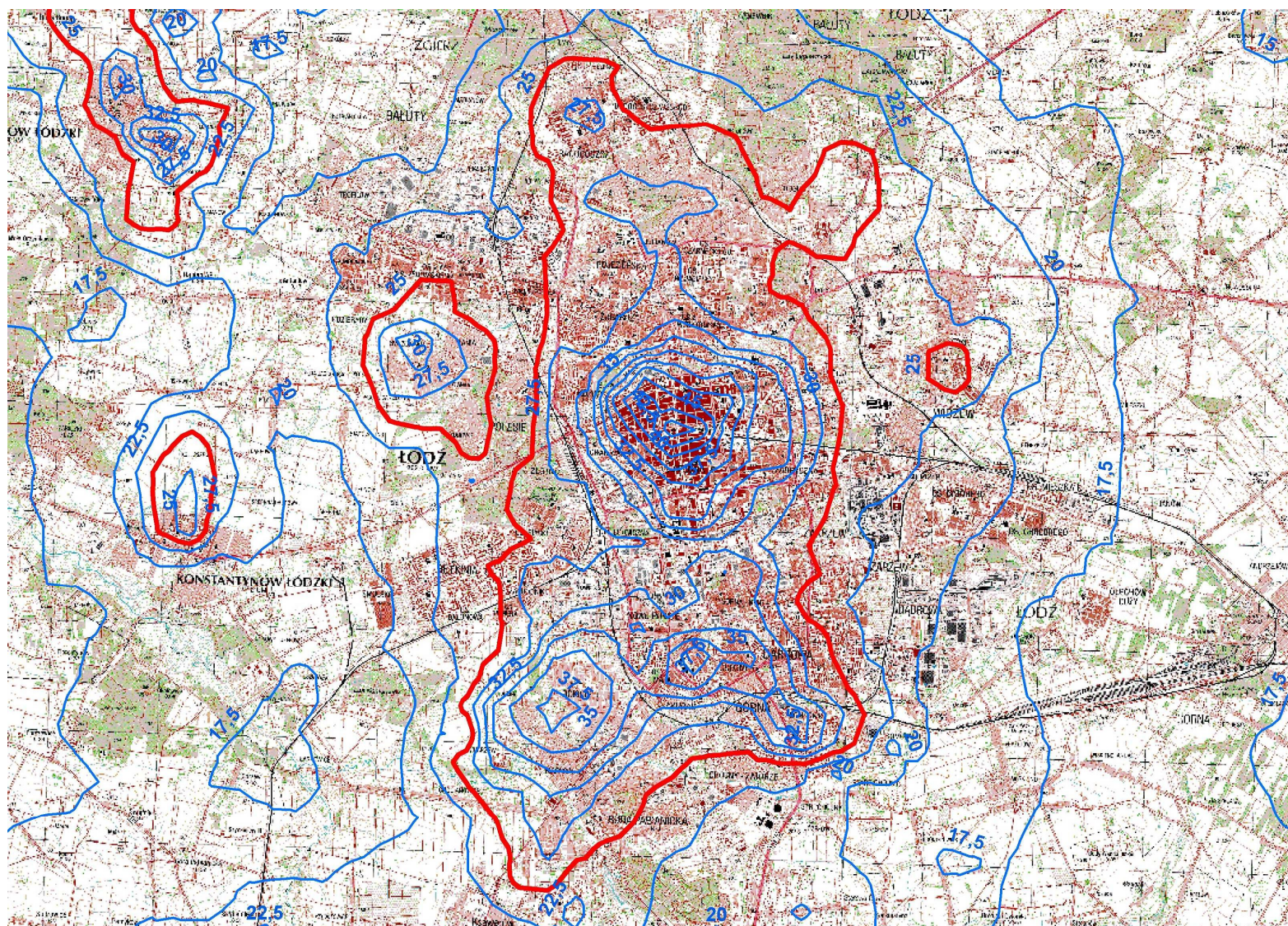
Mapa 11. Zasięgi pól imisji pyłu PM2,5 w województwie łódzkim w roku 2008

5. Obszary przekroczeń wartości dopuszczalnej pyłu PM_{2,5} w województwie łódzkim w latach 2004-2008

Na podstawie obliczeń modelowych w województwie łódzkim, w latach 2004-2008 stwierdzono występowanie obszarów przekroczeń dopuszczalnego poziomu stężenia pyłu PM_{2,5} (tj. $D_a = 25\mu\text{g}/\text{m}^3$). Największą powierzchnię obszary przekroczeń poziomu dopuszczalnego miały w 2004r. Potem stopniowo ich ilość zasięg malał. Obszary przekroczeń z podaniem rozmieszczenia, liczby i powierzchni przedstawia tabela 8. Zasięgi obszarów przekroczeń w poszczególnych miastach w podziale na lata przedstawiają mapy 12 – 33, z naniesieniem linii pól stężeń co 10% D_a (tj. co $2,5\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabela 8. Obszary przekroczeń dopuszczalnego poziomu stężenia pyłu PM_{2,5} w województwie łódzkim, w latach 2004-2008

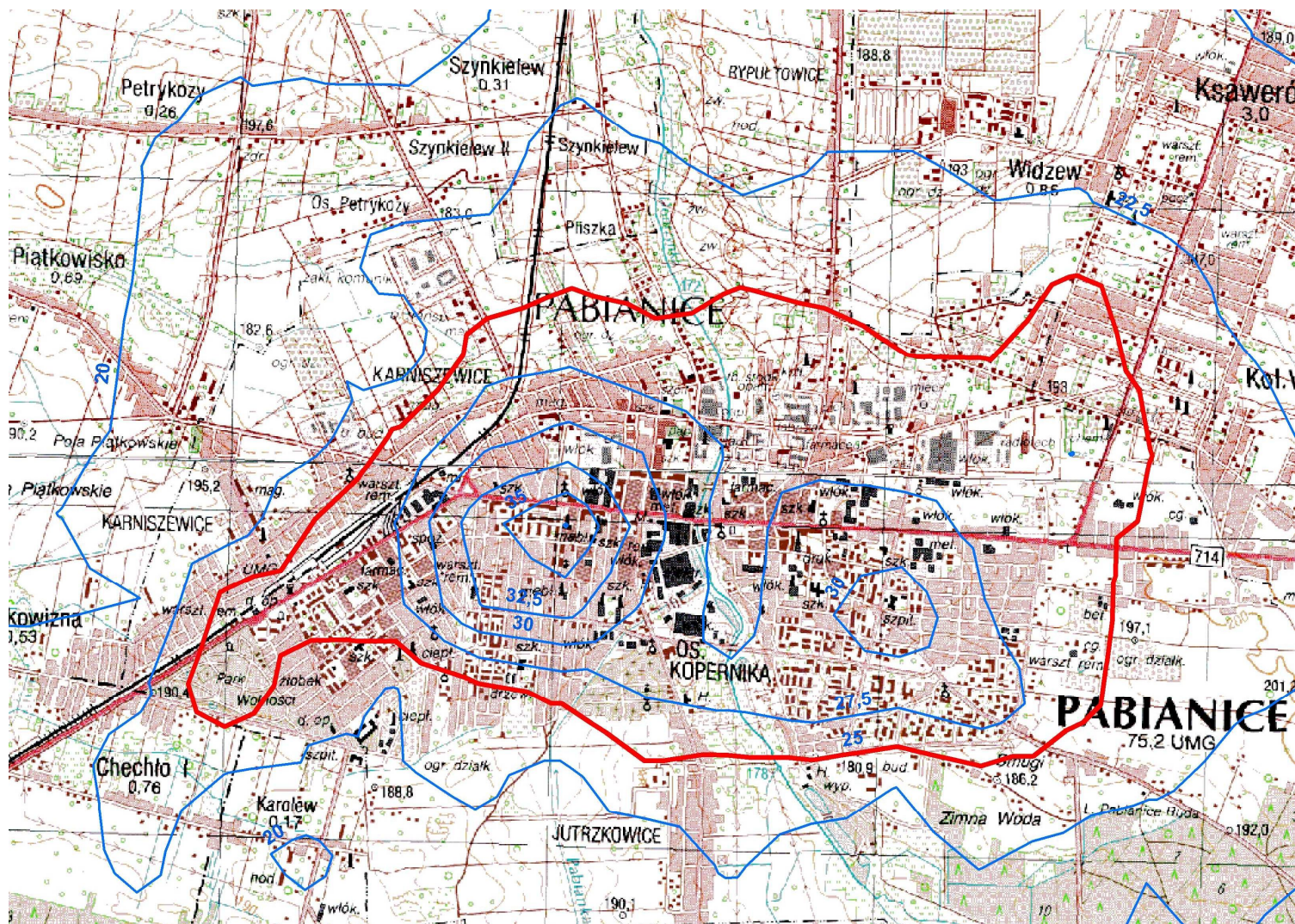
Strefa oceny		Rok	Nazwa gminy/miasta/dzielnicy	Nr mapy
Nazwa strefy	Kod strefy			
Aglomeracja łódzka	PL1001	2004	Łódź/ Łódź-Śródmieście, Łódź-Bałuty, Łódź-Górna, Łódź-Polesie	12
			Zgierz	13
			Pabianice	14
			Aleksandrów Łódzki	15
			Konstantynów Łódzki	15
		2005	Łódź/ Łódź-Śródmieście, Łódź-Górna	25
			Łódź/ Łódź-Śródmieście, Łódź-Górna	27
		2006	Zgierz	28
			Pabianice	29
		2007	Łódź/ Łódź-Śródmieście	31
		2008	Łódź/ Łódź-Śródmieście, Łódź-Górna	32
Strefa łódzka PM _{2,5}	PL1002	2004	Działoszyn	16
			Kutno	17
			Łask	17
			Piotrków Trybunalski	18
			Radomsko	19
			Sieradz	20
			Skierniewice	21
			Tomaszów Mazowiecki	22
			Wieluń	23
			Zduńska Wola	24
		2005	Tomaszów Mazowiecki	26
		2006	Tomaszów Mazowiecki	30
		2008	Tomaszów Mazowiecki	33



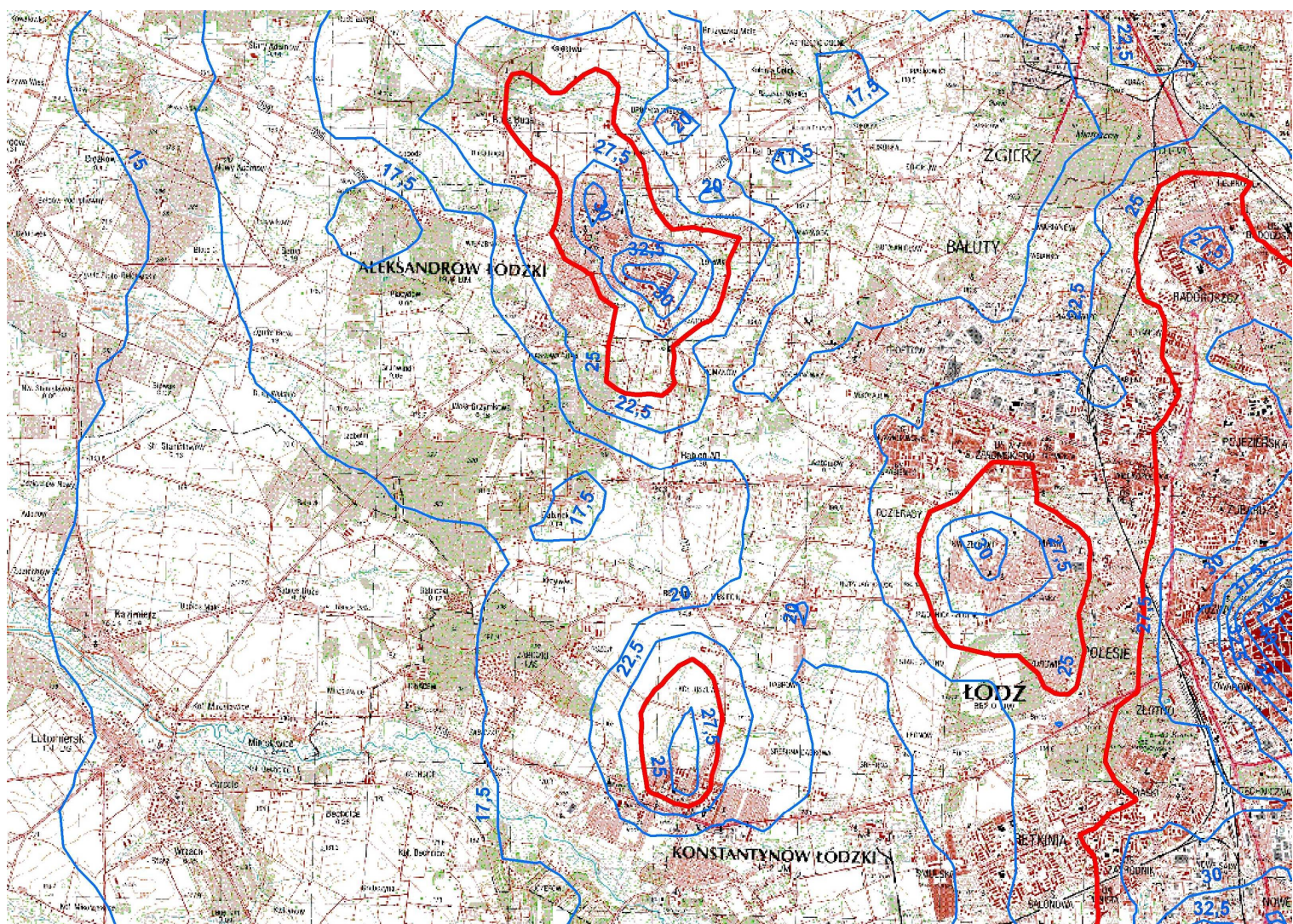
Mapa 12. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



Mapa 13. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Zgierzu określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



Mapa 14. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM2,5 w obszarach przekroczeń w Pabianicach określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.

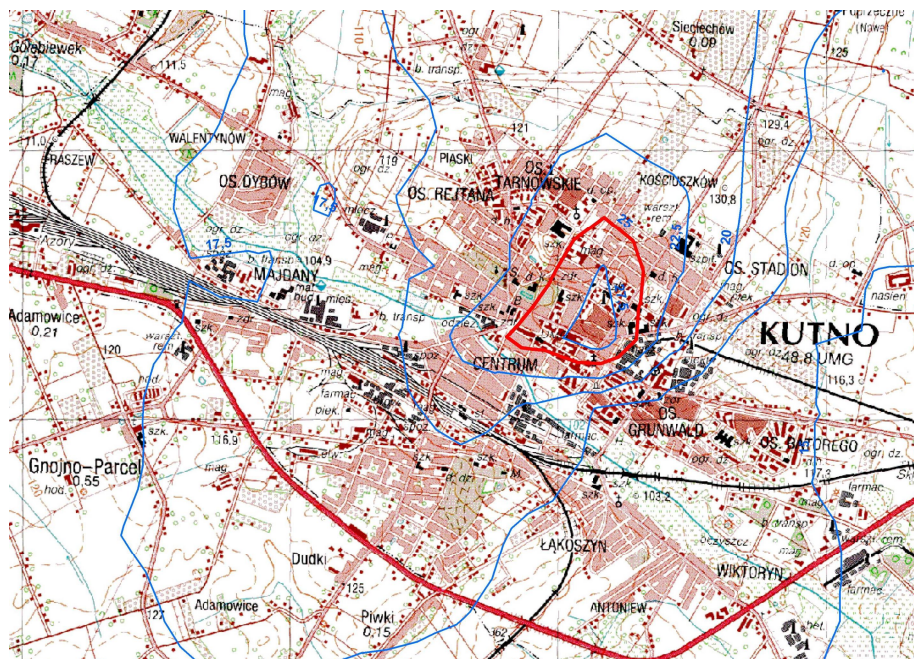


Mapa 15. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Aleksandrowie Ł. I Konstancinowie Ł. określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.

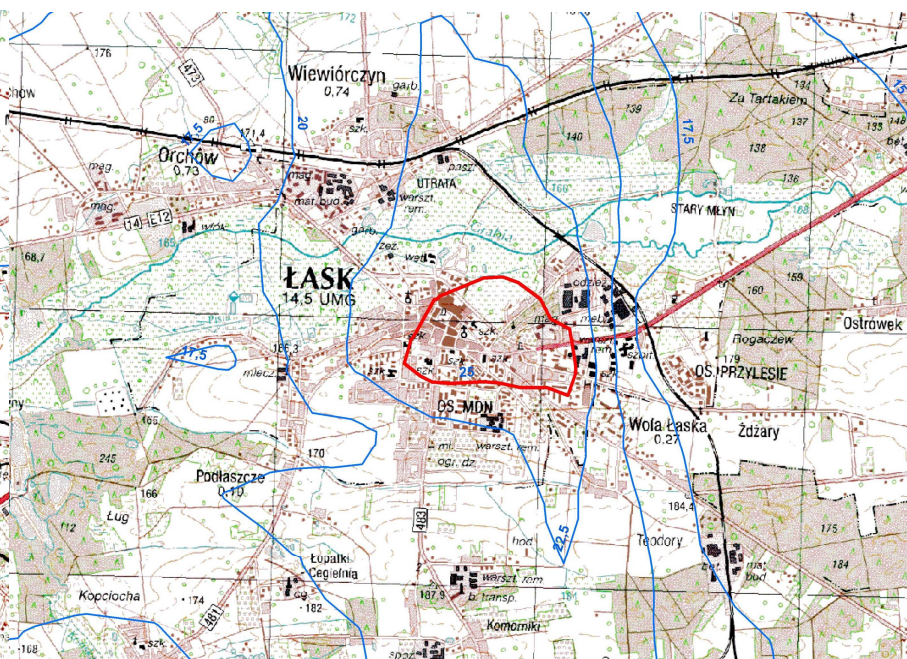


Mapa 16. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Działoszyńie określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.

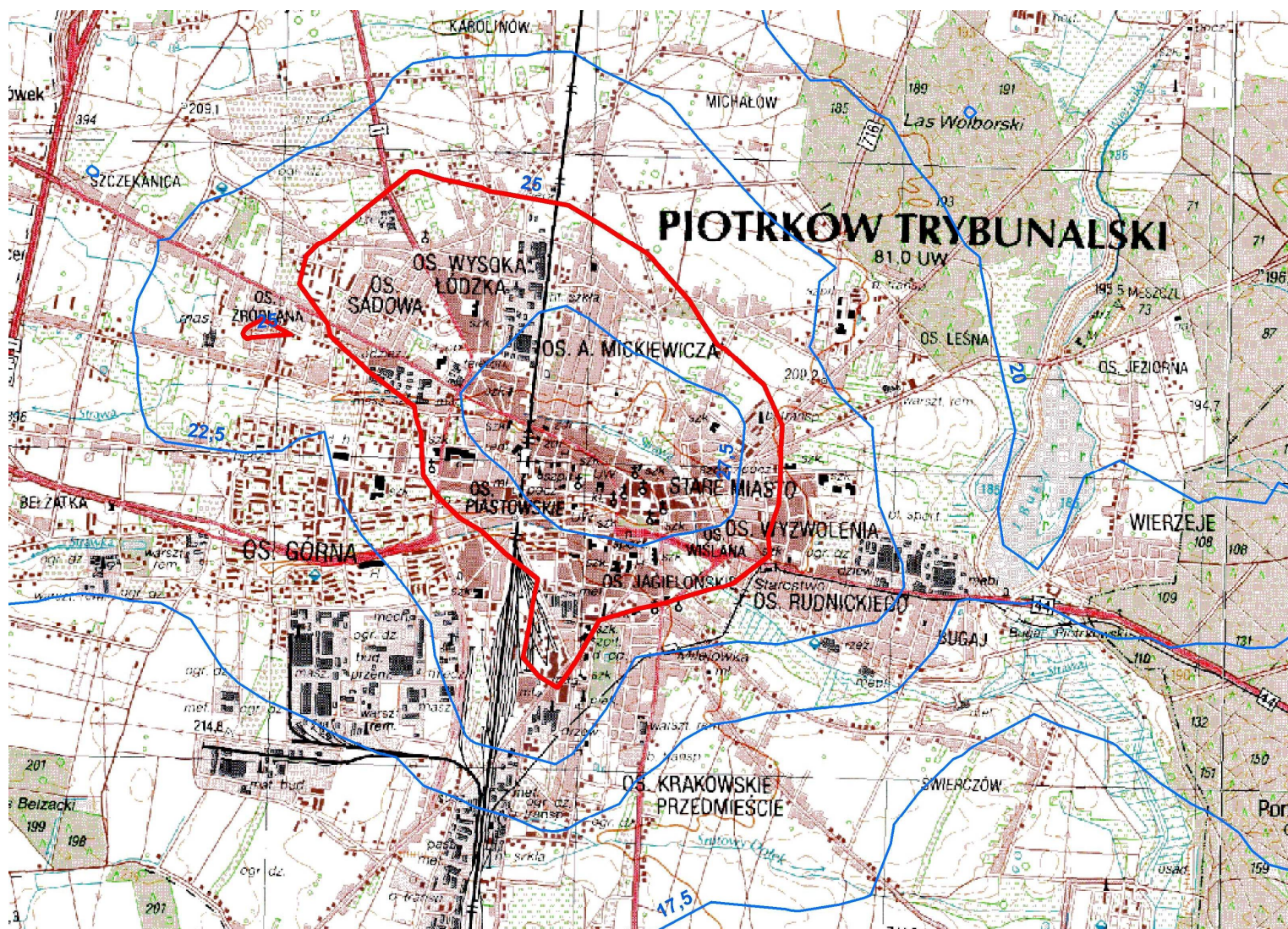
a)



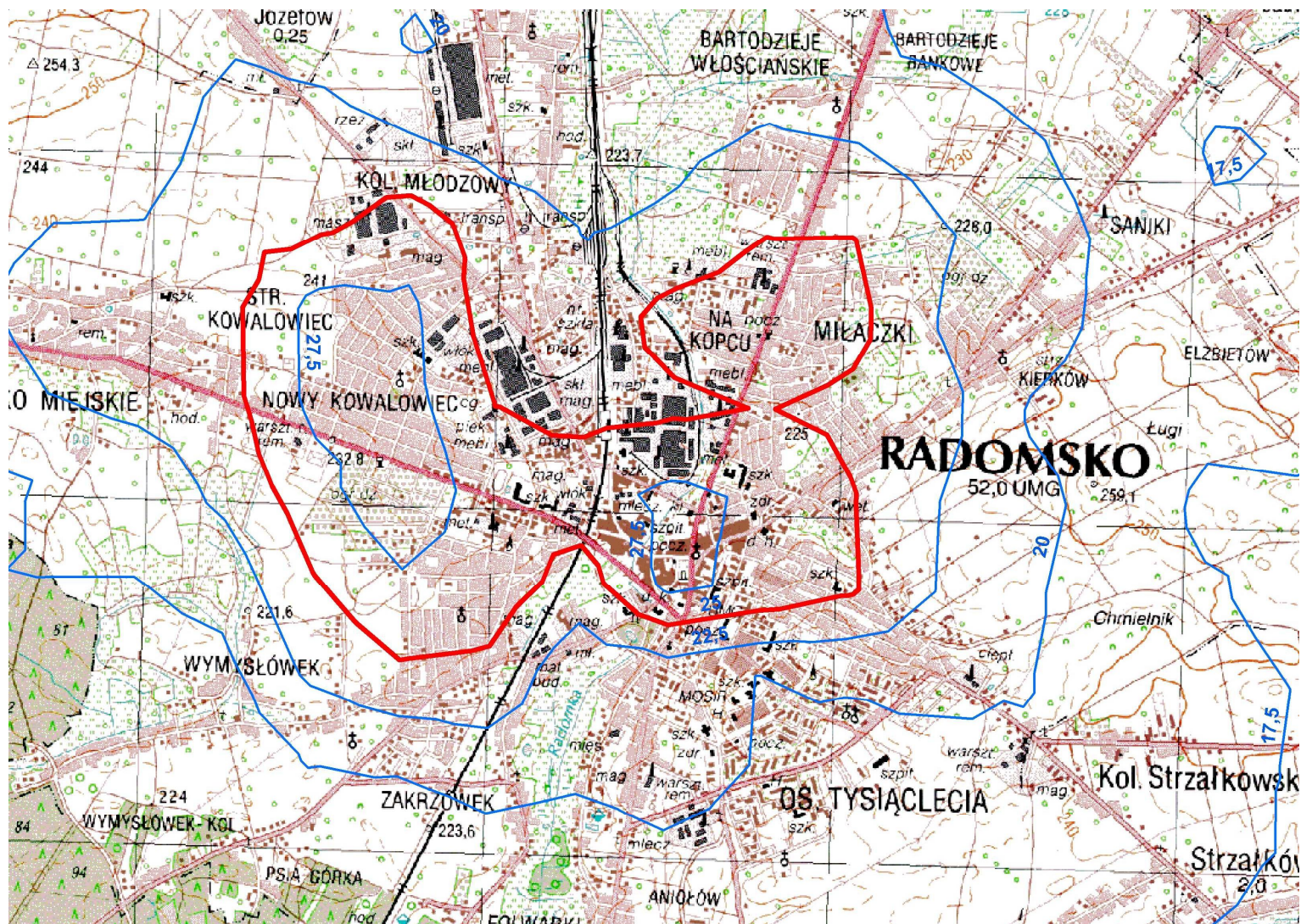
b)



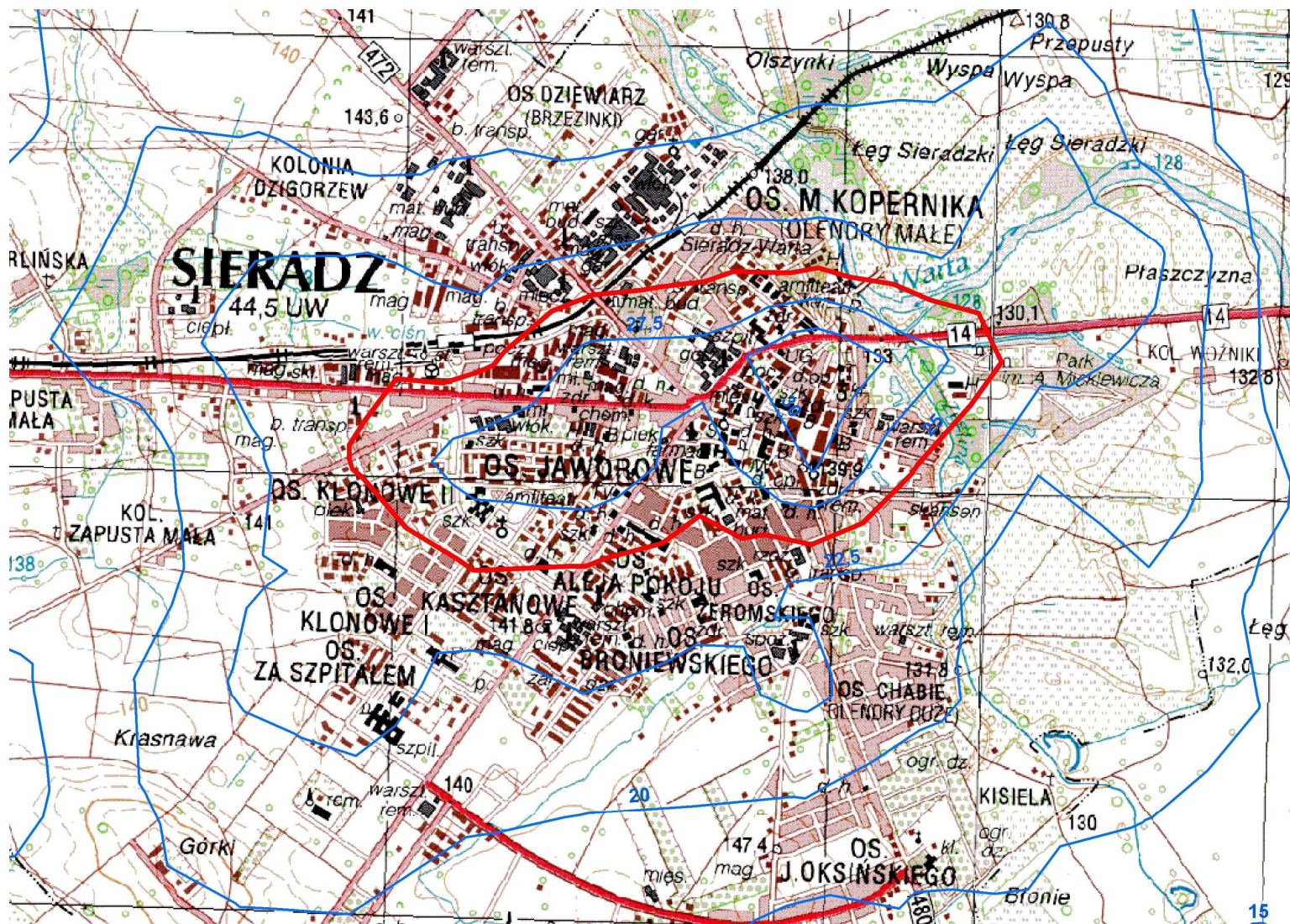
Mapa 17. Rozkład poziomy stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w a) Kutnie, b) Łasku, określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



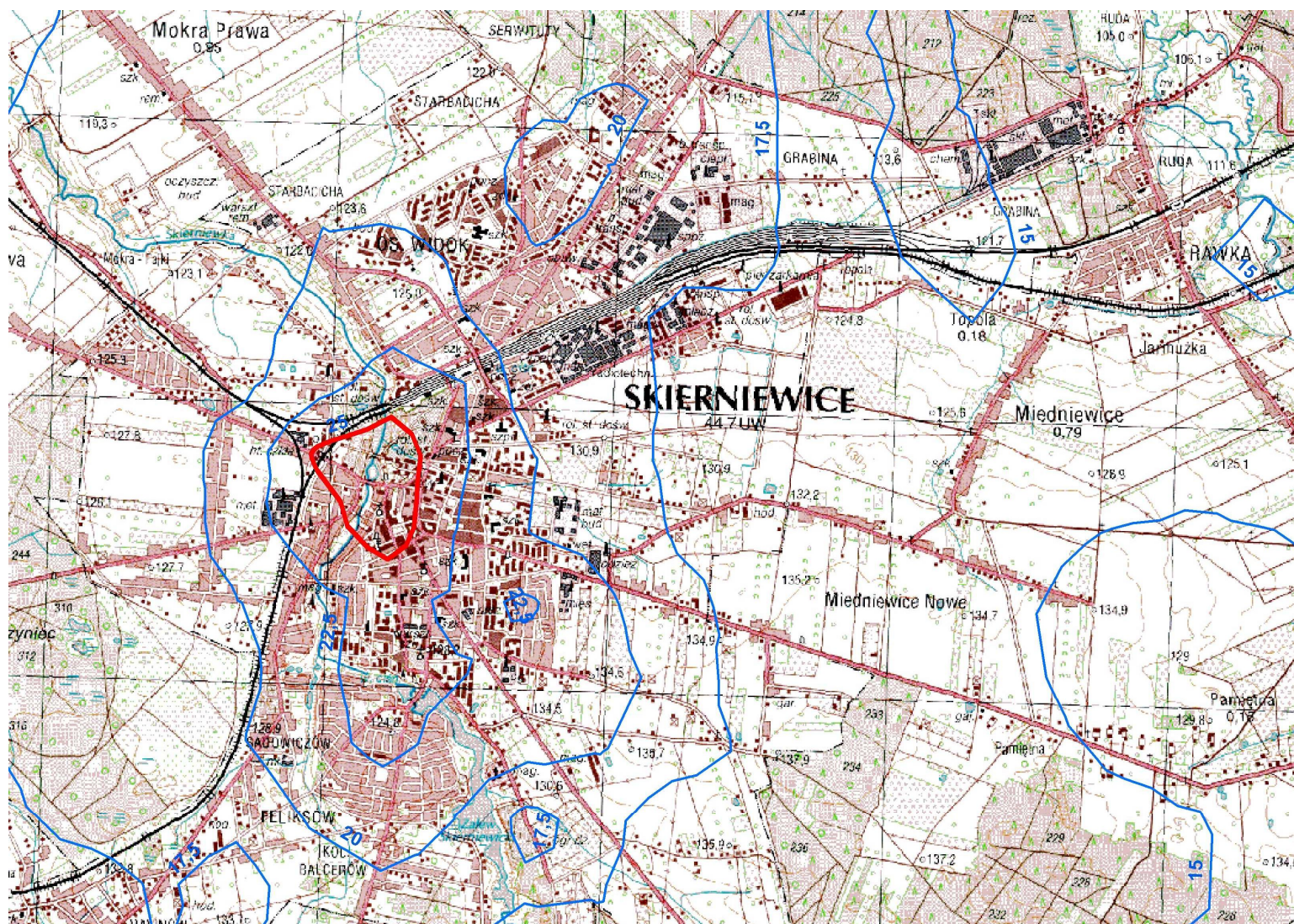
Mapa 18. Rozkład poziomy stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Piotrkowie Trybunalskim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



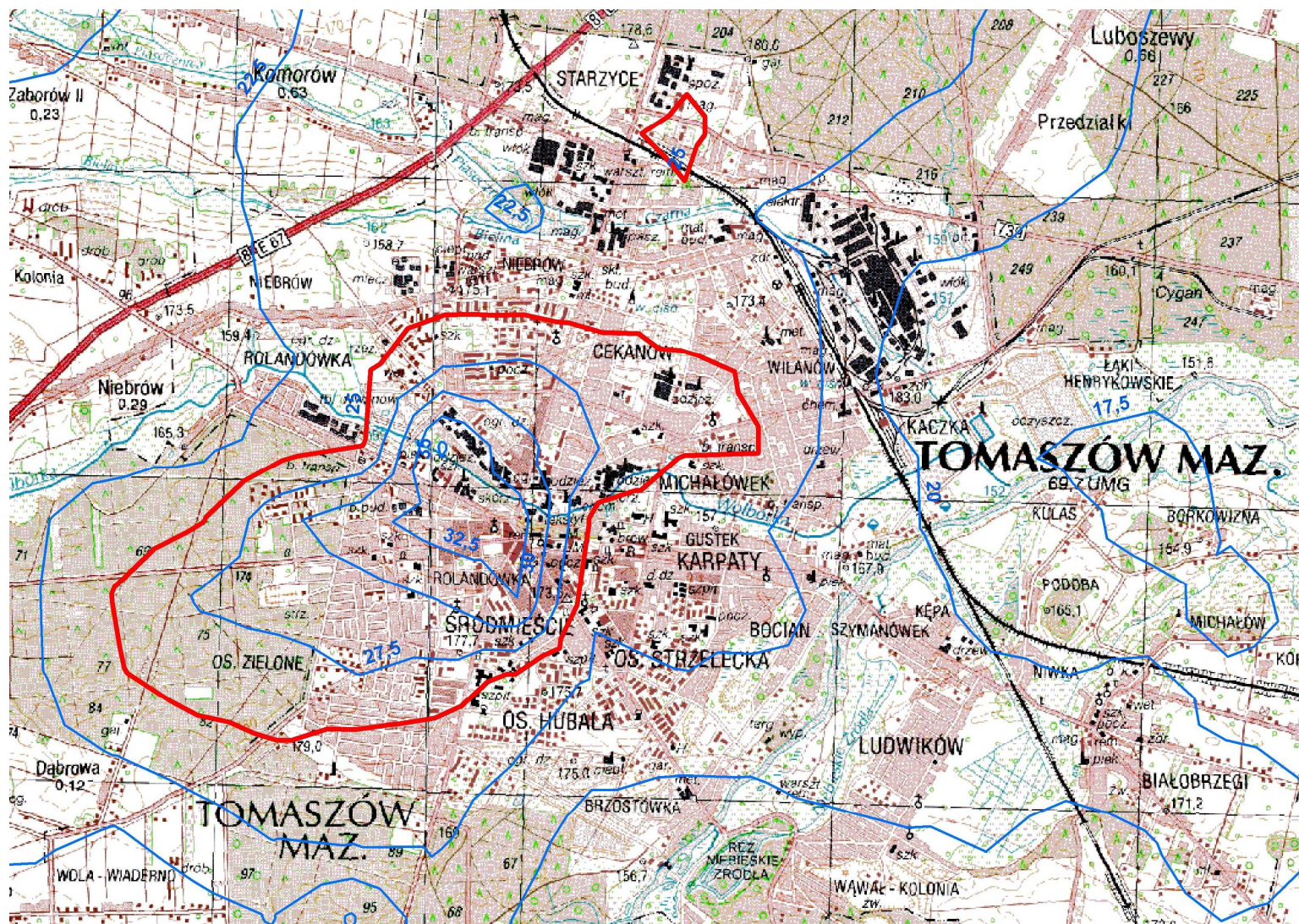
Mapa 19. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Radomsku określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



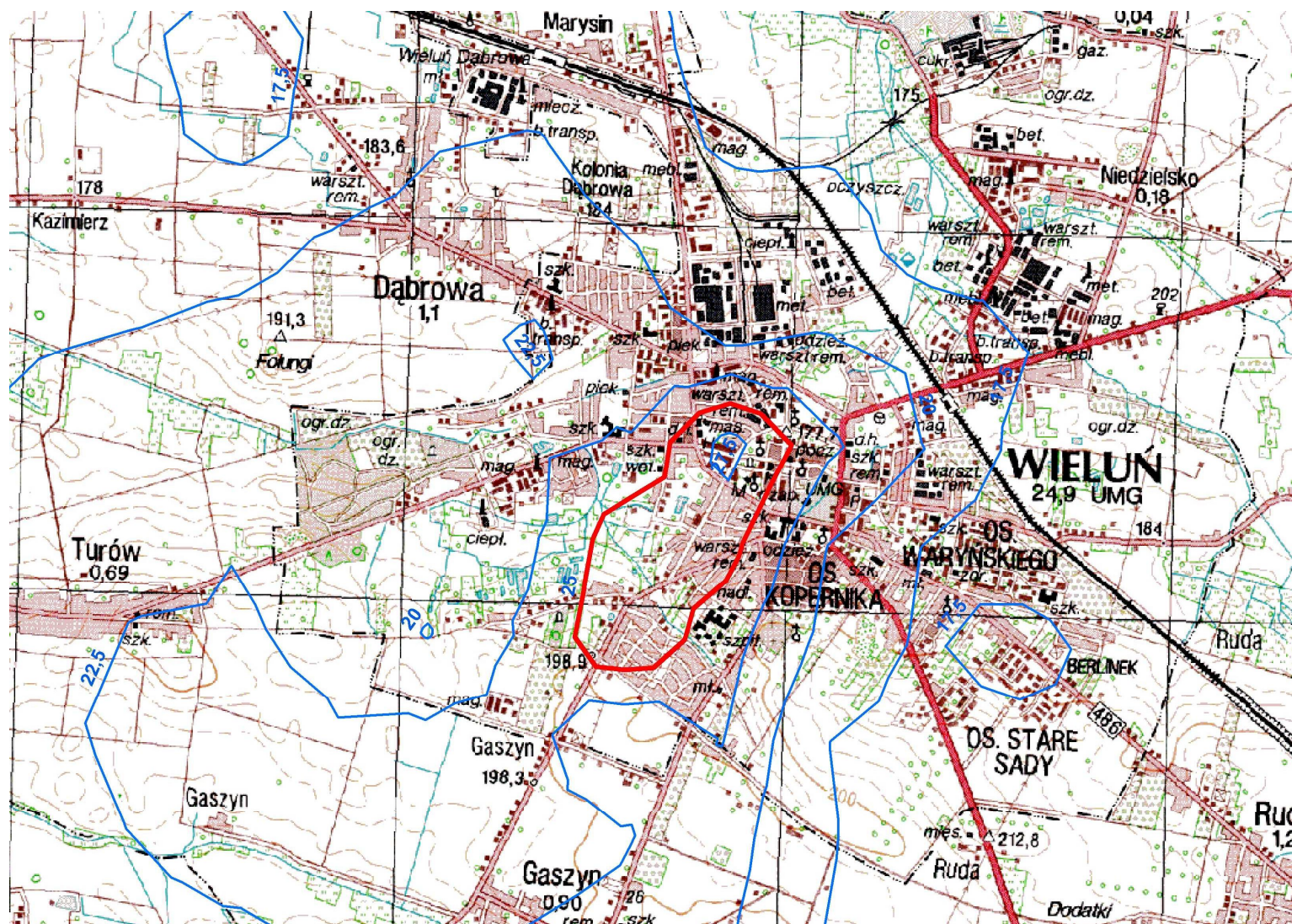
Mapa 20. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Sieradzu określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



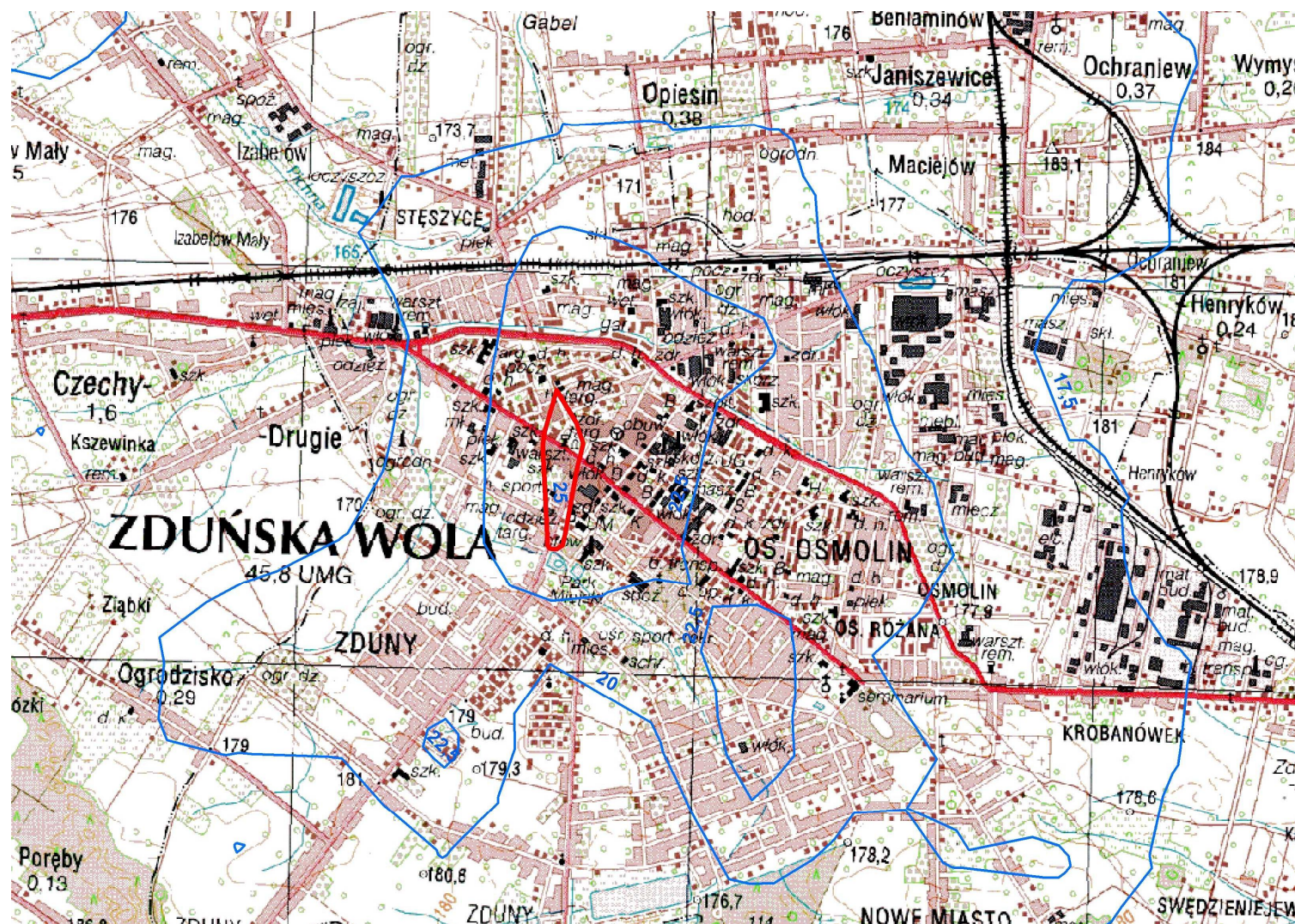
Mapa 21. Rozkład poziomy stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Skierniewicach określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



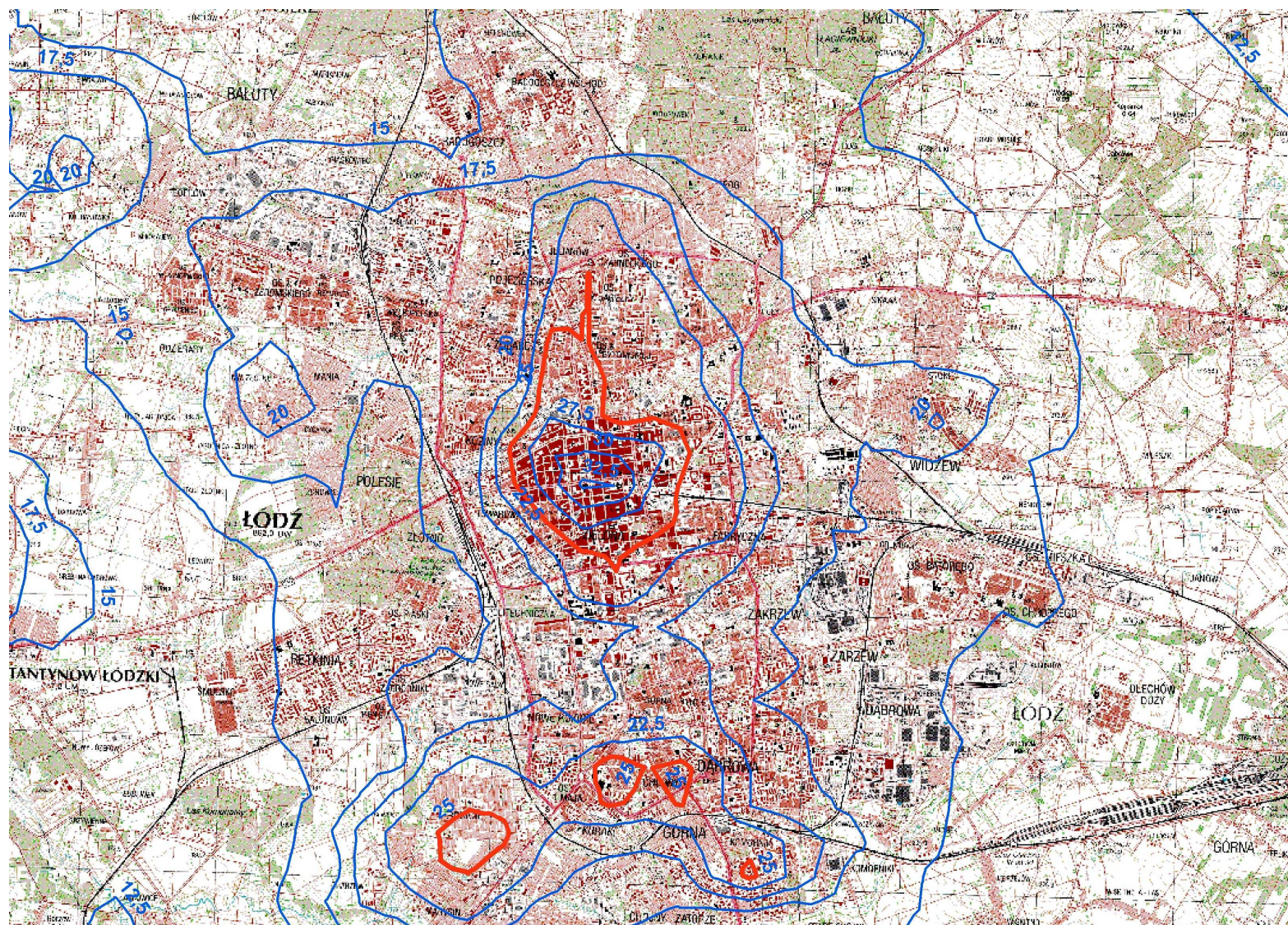
Mapa 22. Rozkład poziomy stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Tomaszowie Mazowieckim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



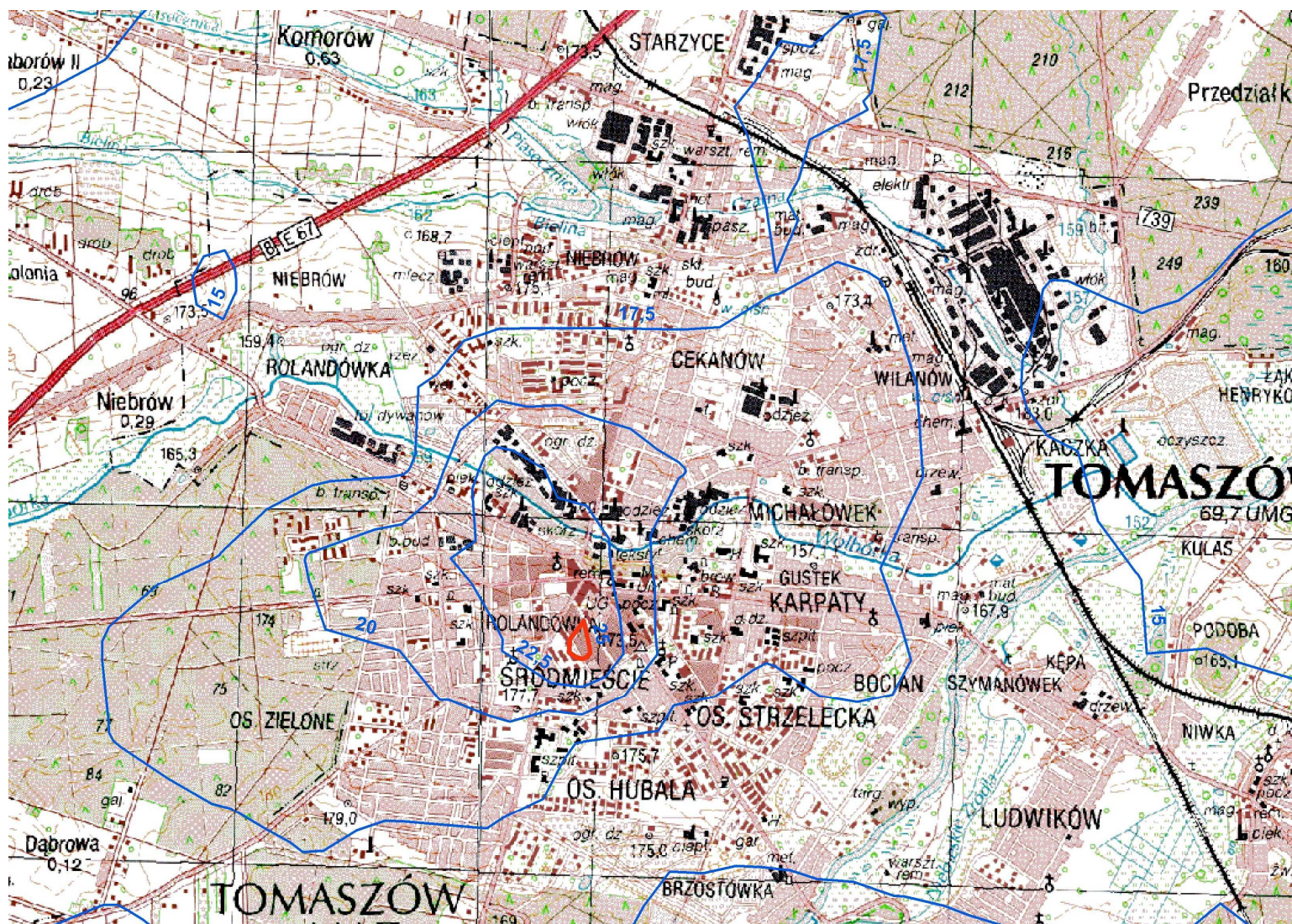
Mapa 23. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Wieluniu określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



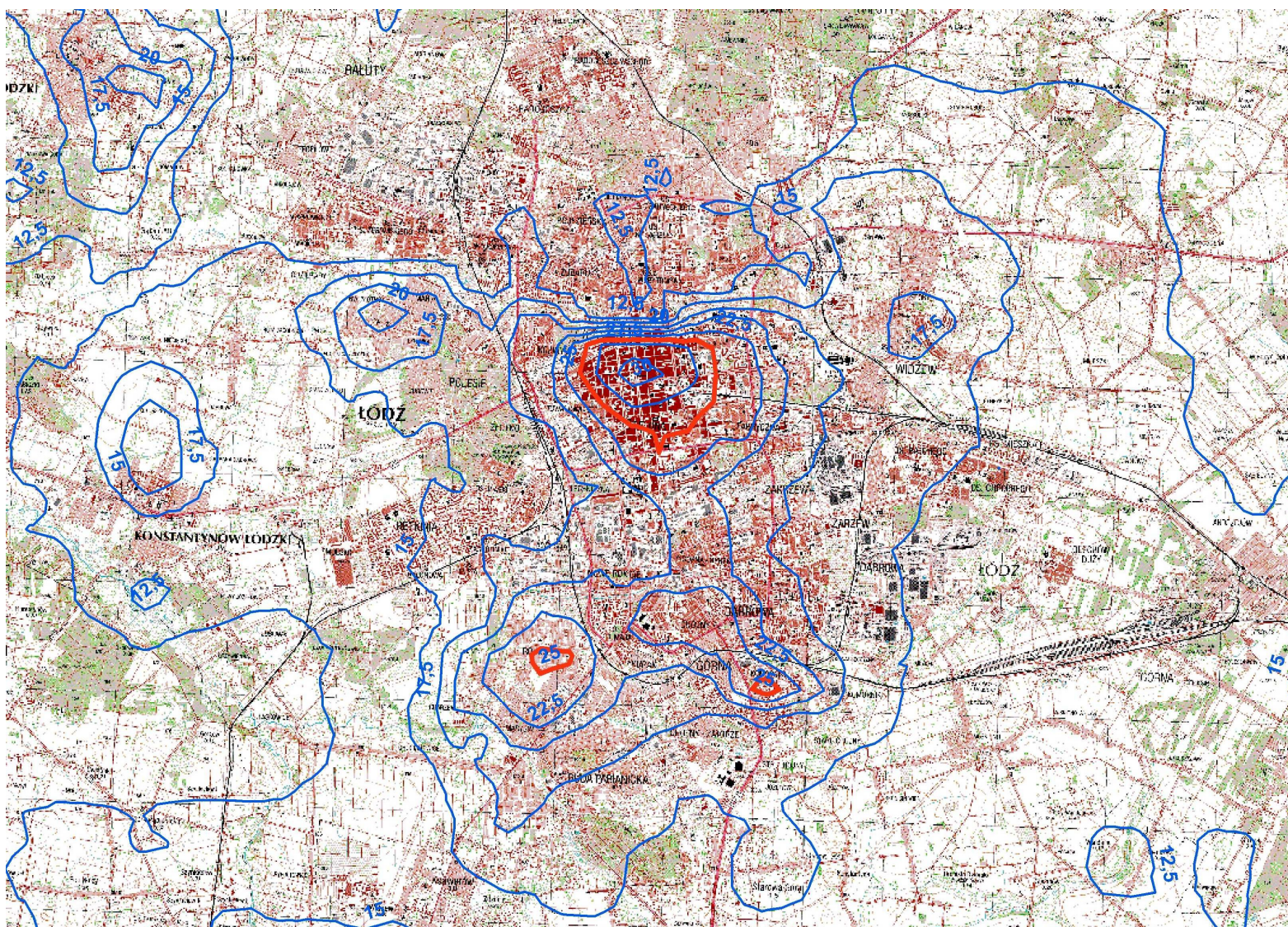
Mapa 24. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Zduńskiej Woli określony na podstawie obliczeń modelowych w 2004r.



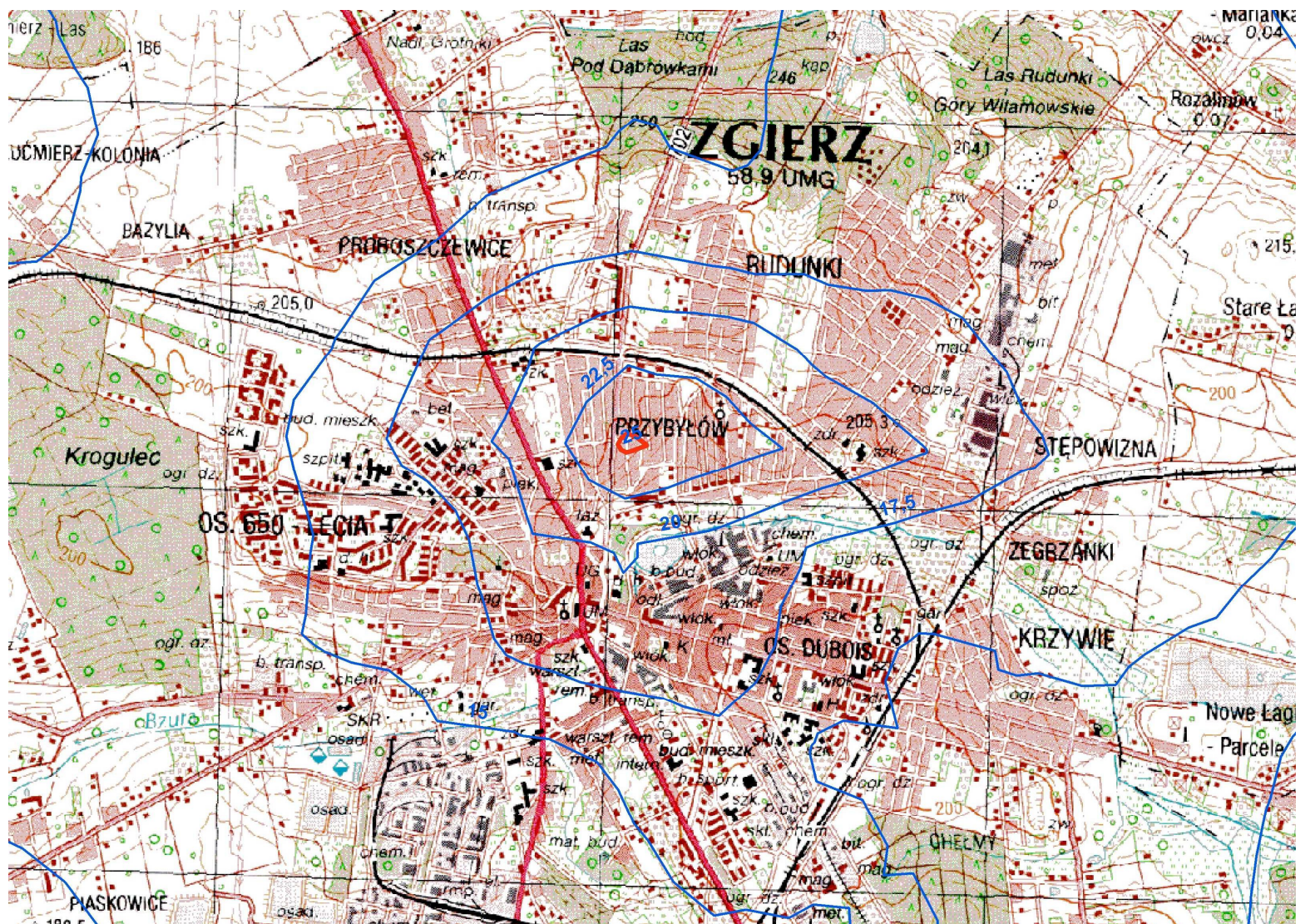
Mapa 25. Rozkład poziomy stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2005r.



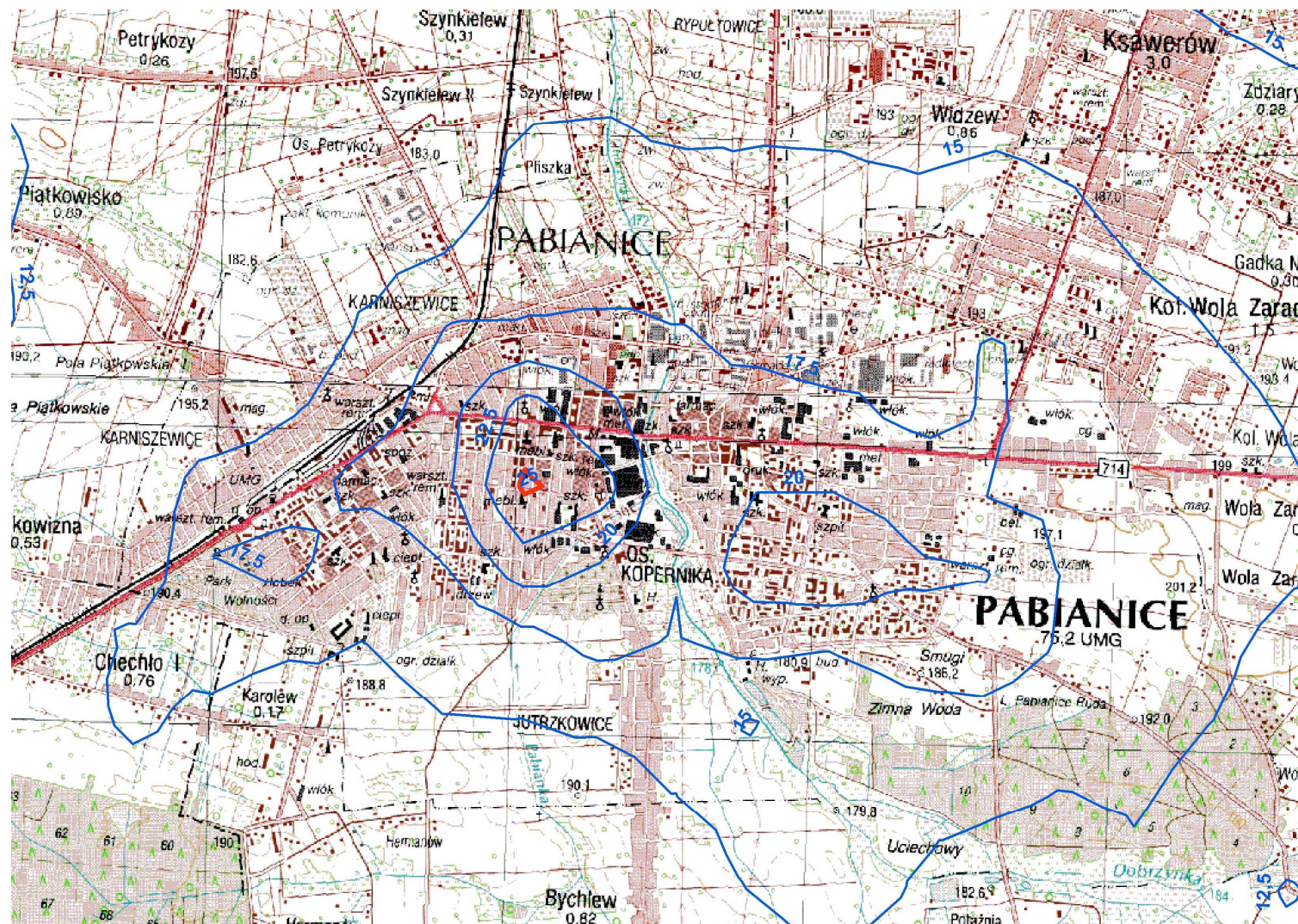
Mapa 26. Rozkład poziomy stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Tomaszowie Mazowieckim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2005r.



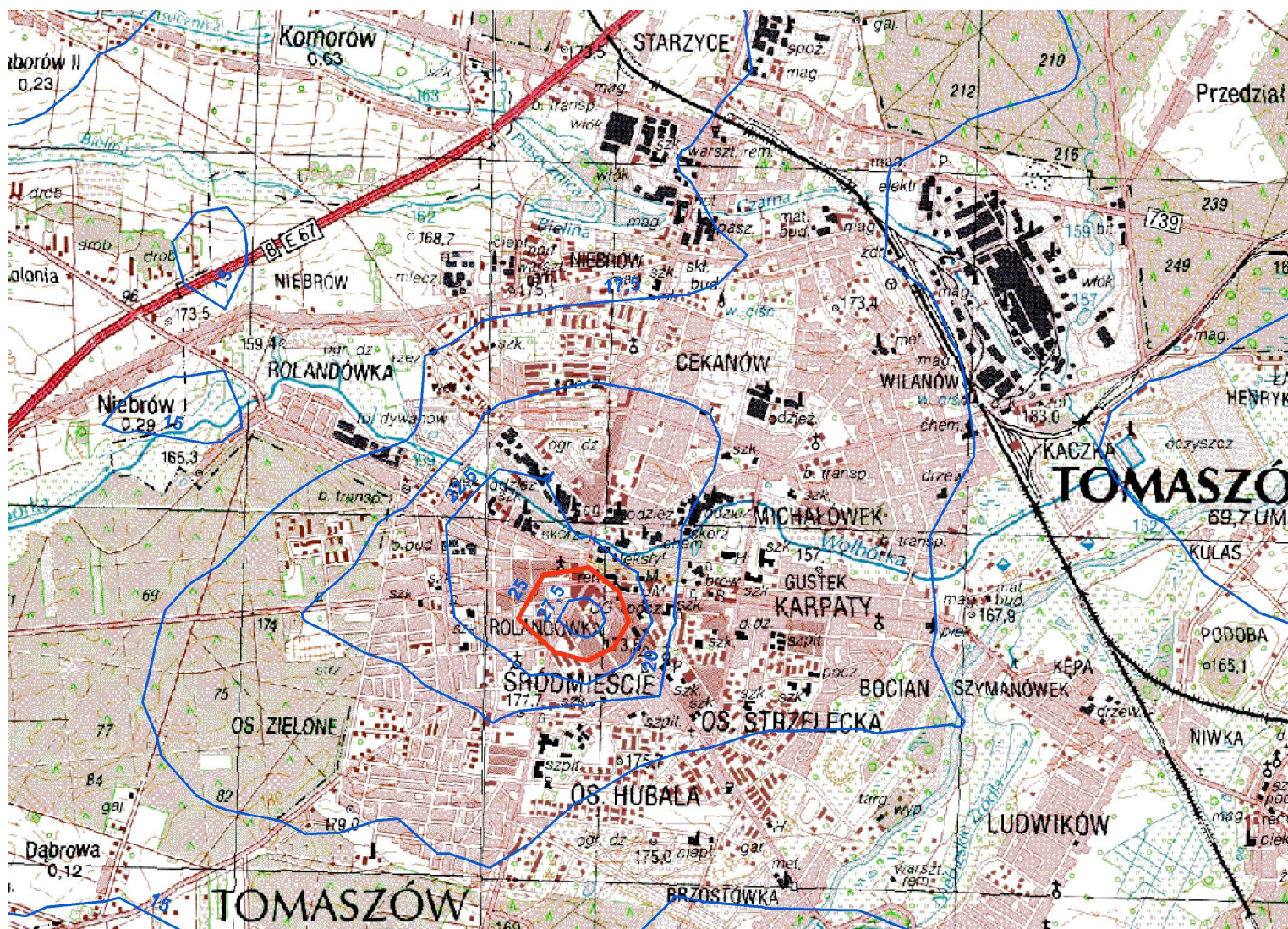
Mapa 27. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2006r.



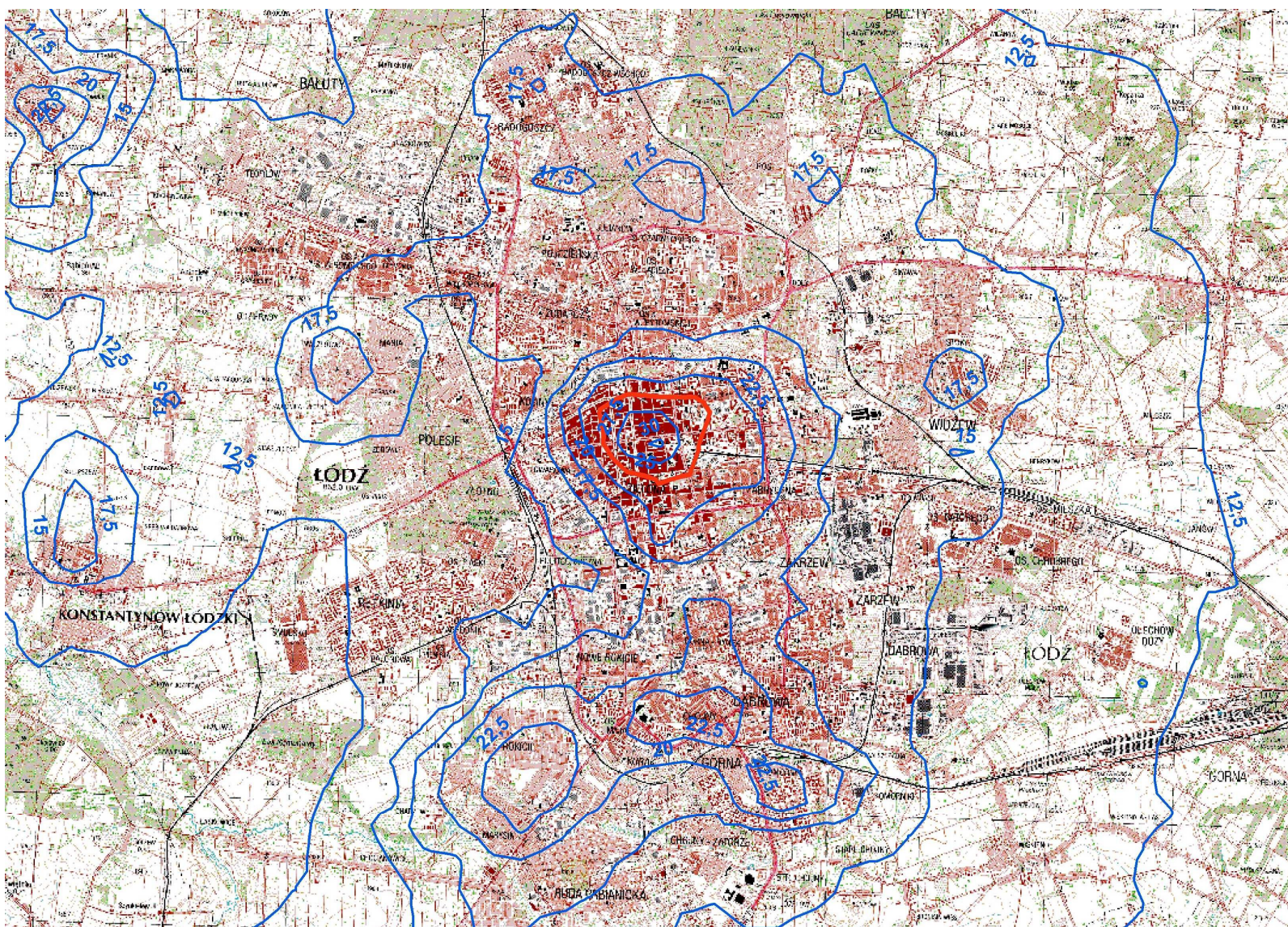
Mapa 28. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Zgierzu określony na podstawie obliczeń modelowych w 2006r.



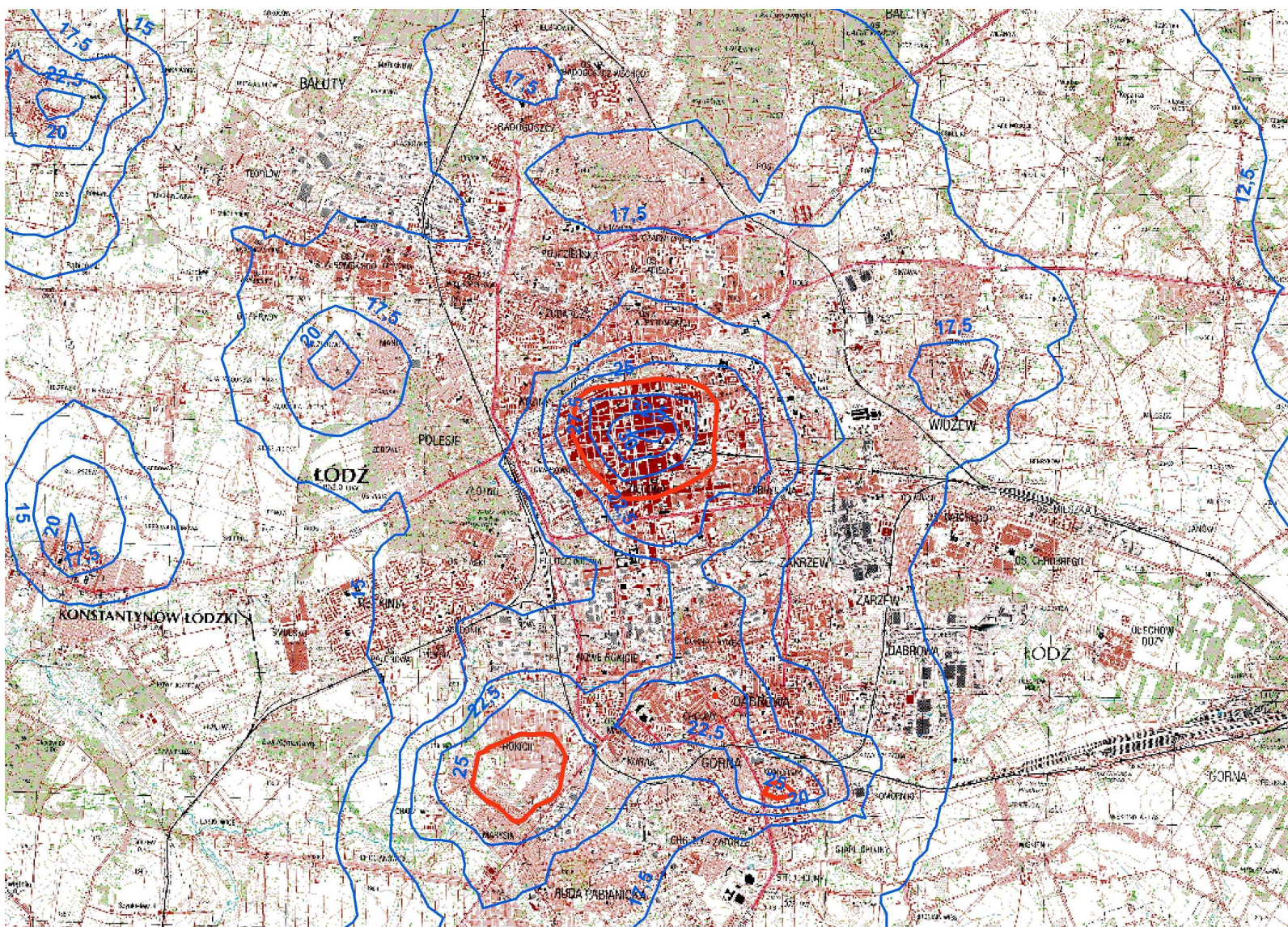
Mapa 29. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM2,5 w obszarach przekroczeń w Pabianicach określony na podstawie obliczeń modelowych w 2006r.



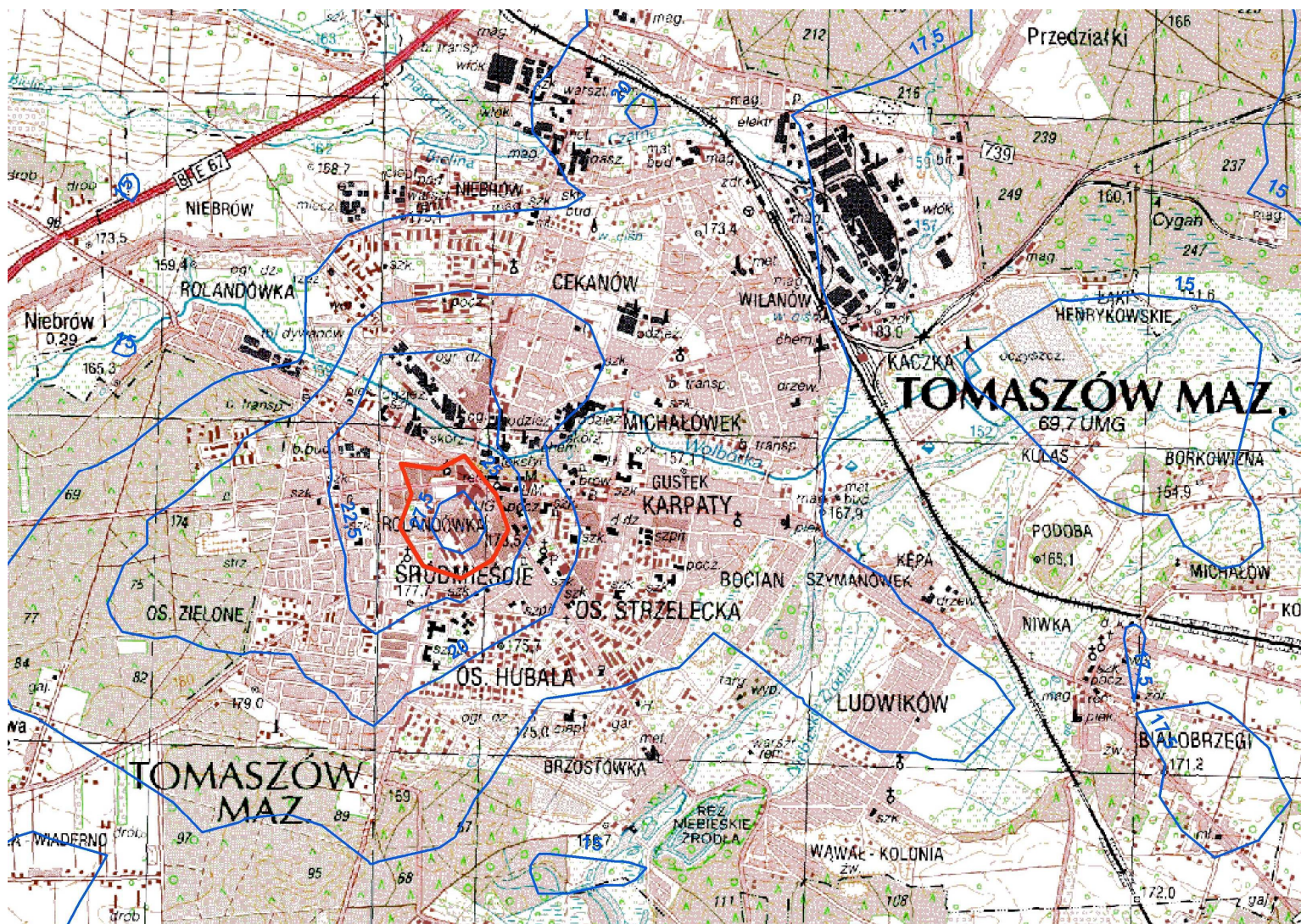
Mapa 30. Rozkład poziomy stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Tomaszowie Mazowieckim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2006r.



Mapa 31. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2007r.



Mapa 32. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Łodzi określony na podstawie obliczeń modelowych w 2008r.



Mapa 33. Rozkład poziomów stężenia pyłu PM_{2,5} w obszarach przekroczeń w Tomaszowie Mazowieckim określony na podstawie obliczeń modelowych w 2008r.

6. Literatura:

1. Air Quality Guidelines- Second Edition, Chapter 7.3 Particulate Matter, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000.
2. Health risk of particulate matter from long-range transboundary air pollution, Draft 5, WHO, European Centre for Environment and Health, Bonn Office, 2005.
3. Modelowanie matematyczne imisji zanieczyszczeń powietrza w województwie łódzkim na potrzeby realizacji zadań Państwowego Monitoringu Środowiska, Biuro Studiów i Pomiarów Proekologicznych EKOMETRIA Sp. z o. o. , Gdańsk, 2009.
4. Analiza metodyk inwentaryzacji pyłu drobnego możliwych do zastosowania na potrzeby Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości. Wstępna inwentaryzacja za rok 2000, Krajowe Centrum Inwentaryzacji Emisji.
5. Wskazówki do oceny wstępnej zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2,5}, IOŚ, Warszawa, 2009.