



SMART CITY

Konferencja **ZOOM** na Kielce



Wykorzystanie danych przestrzennych do modelowania jakości powietrza w mieście Kielce

dr inż. Kinga Szopińska, dr inż. Agnieszka Cienciąła,
dr hab. inż. Agnieszka Bieda, prof. dr hab. inż. Piotr Parzych,



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**

Wydział Budownictwa,
Architektury i Inżynierii Środowiska



AGH

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY















Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology



Open Access

Article

Verification of the Perception of the Local Community concerning Air Quality Using ADMS-Roads Modeling

by  Kinga Szopińska ¹ ,  Agnieszka Cienciała ^{2,*}  ,  Agnieszka Bieda ³ ,  Janusz Kwiecień ¹ ,
 Łukasz Kulesza ²  and  Piotr Parzych ³

¹ Faculty of Civil and Environmental Engineering and Architecture, Bydgoszcz University of Science and Technology, 85-796 Bydgoszcz, Poland

² Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce University of Technology, 25-314 Kielce, Poland

³ Faculty of Geo-Data Science, Geodesy and Environmental Engineering, AGH University of Science and Technology in Kraków, 30-059 Krakow, Poland

* Author to whom correspondence should be addressed.

Academic Editors: Bin Han and Meng Wang

Int. J. Environ. Res. Public Health **2022**, *19*(17), 10908; <https://doi.org/10.3390/ijerph191710908>

Received: 4 June 2022 / Revised: 20 August 2022 / Accepted: 26 August 2022 / Published: 1 September 2022

(This article belongs to the Special Issue **Traffic Related Air Pollution: Emissions, Exposures and Health Effects**)



**BYDGOSZCZ UNIVERSITY
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**
Faculty of Civil and Environmental Engineering
and Architecture



AGH

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY



Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology

Wykorzystanie danych przestrzennych do modelowania jakości powietrza w mieście Kielce

ZOOM na Kielce

Konferencja podsumowująca Projekt pn. "System monitorowania efektywności miasta inteligentnego w ramach audytu miejskiego"

Konferencja poświęcona realizacji projektu pn. „**System monitorowania efektywności miasta inteligentnego w ramach audytu miejskiego**” nagrodzonego dotacją ze środków unijnych w konkursie Ministerstwa Rozwoju (obecnie Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej) pn. „**HUMAN SMART CITIES. Inteligentne miasta współtworzone przez mieszkańców**”.



O czym będziemy mówić ?

Chcemy przybliżyć Państwu tematykę związaną z danymi miejskimi, współtworzeniem miasta razem z mieszkańcami. Przedstawione zostaną efekty toczącego się przez ostatnie 3 lata projektu, realizowanego przez Miasto Kielce wraz z naszymi Partnerami - Politechniką Świętokrzyską i Uniwersytetem im. Jana Kochanowskiego w Kielcach. Wraz z przedstawicielami Ministerstwa Funduszy i Rozwoju Regionalnego oraz innych Miast realizujących swoje projekty w ramach Konkursu "Human Smart Cities - miasta współtworzone przez mieszkańców" zostaną przedstawione efekty wdrożeń w Lublinie, Siemianowicach Śląskich, Zduńskiej Woli, Pleszewie.

PROBLEM BADAWCZY

Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) **90% mieszkańców miast oddycha powietrzem, które nie spełnia norm zdrowotnych**. Zanieczyszczenie powietrza jest źródłem zagrożenia dla zdrowia znacznej części populacji. **Stężenie szkodliwych związków w powietrzu jest zwykle znacznie wyższe w miastach**.

Transport drogowy jest głównym liniowym źródłem zanieczyszczeń atmosferycznych w miastach, obok innych źródeł punktowych, do których należą zanieczyszczenia ze źródeł przemysłowych (kominy), a także ze źródeł komunalnych i bytowych, związanych z ogrzewaniem indywidualnym oraz gromadzeniem i usuwaniem odpadów.

Transport drogowy jest najważniejszym źródłem następujących zanieczyszczeń: NO_2 , CO, C_6H_6 , PM.

Dynamiczny wzrost liczby pojazdów, któremu towarzyszy rozwój sieci transportowej, generuje ruch, którego drogi nie są w stanie obsłużyć. Powoduje to **wzrost poziomu zanieczyszczenia powietrza powodując większą częstotliwość występowania chorób układu oddechowego wśród mieszkańców**.



PROBLEM BADAWCZY

We wszystkich krajach UE ocena jakości powietrza wykonywana jest zgodnie z procedurą określoną w dyrektywie Clean Air For Europe (CAFE) i dotyczy stref, znajdujących się w granicach administracyjnych miast o liczbie mieszkańców przekraczającej 100 tys.

Określa się poziom substancji szkodliwych i dla całej strefy wprowadza się następującą klasyfikację.

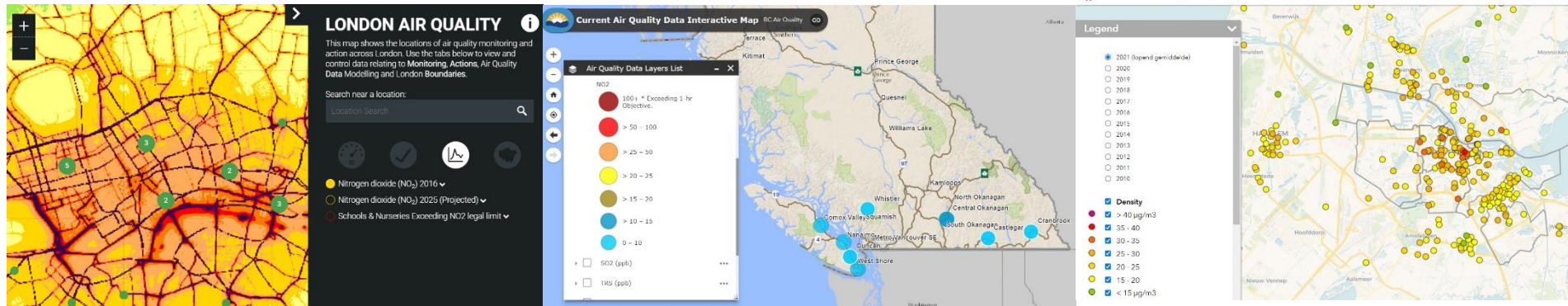
Klasa A - jakość powietrza w mieście jest dobra; poziom substancji nie przekracza poziomu dopuszczalnego lub poziomu docelowego dla substancji.

Klasa C - jakość powietrza w mieście jest zła; poziom co najmniej jednej substancji przekracza poziom dopuszczalny powiększony o margines tolerancji, lub poziom docelowy.

Miasta zaliczone do klasy C wymagają podjęcia działań zmierzających do poprawy jakości powietrza poprzez opracowanie **programu ochrony powietrza w strefie**. Klasyfikacja dotyczy całego miasta, bez wewnętrznego zróżnicowania przestrzennego.



PROBLEM BADAWCZY



Obecnie **mapy zanieczyszczeń**, prezentujące średni poziom zanieczyszczeń w danym przedziale czasowym, są **głównym narzędziem diagnostycznym wykorzystywanym do analizy jakości powietrza w mieście**.

Przy sporządzaniu map zanieczyszczeń **pomija się dane dotyczące morfologii i zagospodarowania przestrzennego miasta**. Ponadto **dotychczasowe oceny nie uwzględniały opinii mieszkańców na temat jakości powietrza**. Analizy literatury przedmiotu wskazują, że **ocena jakości powietrza powinna być wykonywana z wykorzystaniem nowoczesnych technik pomiarowych i obliczeniowych, uwzględniających powyższe zagadnienia**.

Odniesienie ocen jakości powietrza dla poszczególnych zanieczyszczeń tylko do stref (rozumianych jako całe miasta) daje **nieprawidłowy wynik oceny**. W ośrodkach miejskich zmienność przestrzenna jest tak duża, że **badania jakości powietrza powinny być sprowadzone do bardziej szczegółowego poziomu**.

CEL BADAŃ

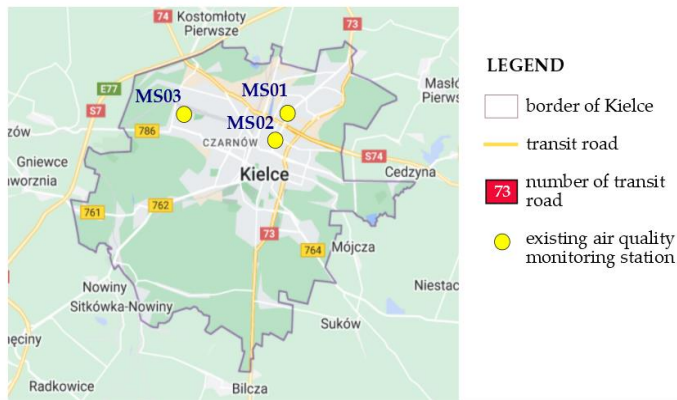
W ramach badań wykonano następujące czynności:

1. **Propozycja metodyki wewnętrznego zróżnicowania miasta pod względem jakości powietrza z wykorzystaniem danych o ruchu drogowym i uwzględnieniem opinii mieszkańców;**
2. **Weryfikacja opisanej metody poprzez:**
 - a) **Wyznaczenie tych obszarów miasta, które zostały wskazane jako najlepsze i najgorsze przez osoby dobrze znające analizowaną przestrzeń w badaniu percepcji jakości powietrza;**
 - b) **Modelowanie poziomu zanieczyszczenia powietrza NO₂ emitowanego przez transport drogowy za pomocą zaawansowanych technologii GIS oraz oprogramowania do modelowania zanieczyszczeń powietrza;**
 - c) **Sprawdzenie czy respondenci biorący udział w badaniu percepcji jakości powietrza właściwie ocenili przestrzeń miasta oraz czy są świadomi czynników, które negatywnie na nią wpływają.**



OBSZAR BADAŃ

Badania przeprowadzono w Kielcach - polskim Smart City



Zestawienie stacji monitoringu powietrza na terenie miasta Kielce.

- Wybór miasta Kielce jako obszaru badań nie jest przypadkowy, gdyż od kilku lat z powodzeniem realizuje ono idee Smart City.
- W 2017 roku powstała Ramowa Strategia Smart City 2030+, której celem jest aktywizacja do wspólnych inspiracji i działań realizowanych na rzecz podnoszenia jakości życia w mieście. Jako jeden z istotnych czynników wpływających na zdrowe i prawidłowe funkcjonowanie mieszkańców można wyróżnić kwestię jakości powietrza.
- Z tego powodu określenie w sposób szczegółowy jakości powietrza w miastach pozwoliłoby władzom samorządowym jeszcze skuteczniej realizować zasadę zrównoważonego rozwoju, a także podejmować efektywniejsze działania związane z ochroną powietrza.

METODOLOGIA BADAŃ I DANE

1. Analiza materiałów źródłowych w zakresie jakości powietrza w mieście Kielce, w tym:

- dane z satelity Copernicus Sentinel-5P z wykorzystaniem platformy Google Earth Engine;
- dane z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska ;
- dane z systemu monitoringu jakości powietrza w Kielcach;

2. Przeprowadzenie badania ankietowego wśród ekspertów w Kielcach w celu określenia obszarów badawczych, które można uznać za te o złej i dobrej jakości powietrza przy użyciu metody oceny percepcji jakości powietrza - dyferencjału semantycznego (SD).

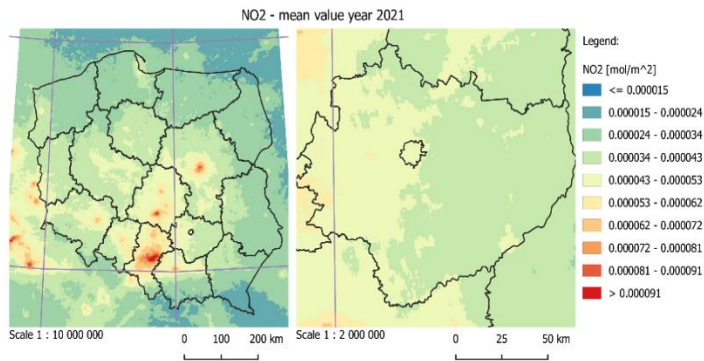
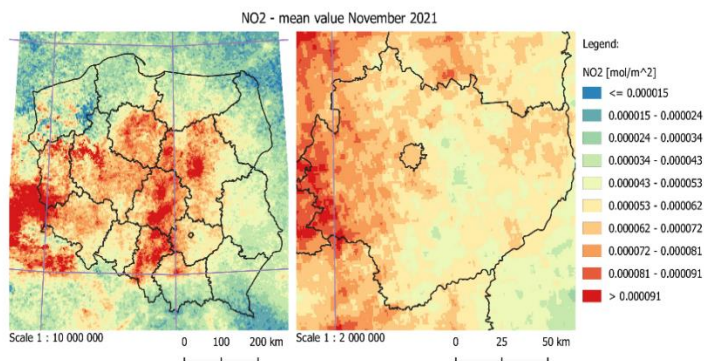
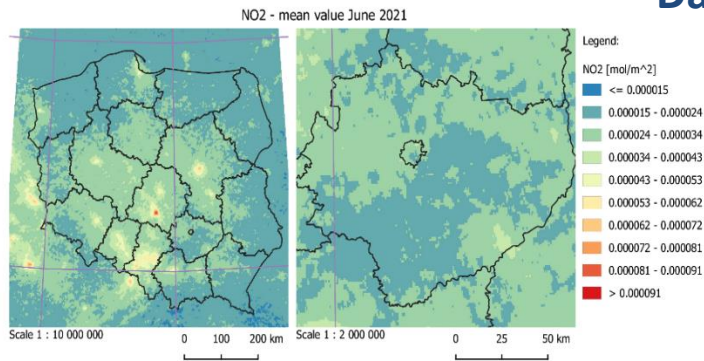
3. W wybranych obszarach badawczych (o najlepszej i najgorszej jakości powietrza) - **identyfikacja czynników wpływających na jakość powietrza (źródła zanieczyszczeń, morfologii terenu, zagospodarowania terenu, rodzaju zabudowy itp.)**

4. Sprawdzenie zasadności wyboru dwóch obszarów uznanych za charakteryzujące się złą i dobrą jakością powietrza, z wykorzystaniem zaawansowanych technologii GIS oraz programu do modelowania poziomu zanieczyszczeń powietrza. Weryfikacja została przeprowadzona dla zanieczyszczeń NO₂ generowanych przez transport drogowy:

- określenie średniodobowego ruchu (AADT) dla każdego odcinka drogi;
- obliczenie emisji NO₂ z wykorzystaniem oprogramowania ADMS-Roads dla każdego odcinka drogi;
- tworzenie wyników w oprogramowaniu ArcMap: tworzenie działek konturowych, wyświetlanie istniejących źródeł punktowych (stacji monitoringu)
- wykorzystanie programu Microsoft Excel do stworzenia wykresu szeregu czasowego wartości stężenia NO₂ dla stacji monitoringu.

ANALIZA MATERIAŁÓW ŹRÓDŁOWYCH DOTYCZĄCYCH POZIOMU ZANIECZYSZCZEŃ NO₂ DLA MIASTA KIELCE

Dane z satelity Copernicus Sentinel-5P



Dane zostały przetworzone, a następnie pobrane za pomocą platformy Google Earth Engine. Obliczono średnie wartości stężenia NO₂ w czerwcu, listopadzie oraz dla całego roku 2021.

Na wszystkich wykresach wyraźnie widoczny jest wzrost stężenia zanieczyszczeń w miesiącach grzewczych, co wynika ze wzrostu udziału źródeł punktowych (ogrzewanie budynków). W miesiącu letnim poziom zanieczyszczeń jest trzykrotnie niższy i generowany przede wszystkim przez źródła liniowe (transport drogowy).

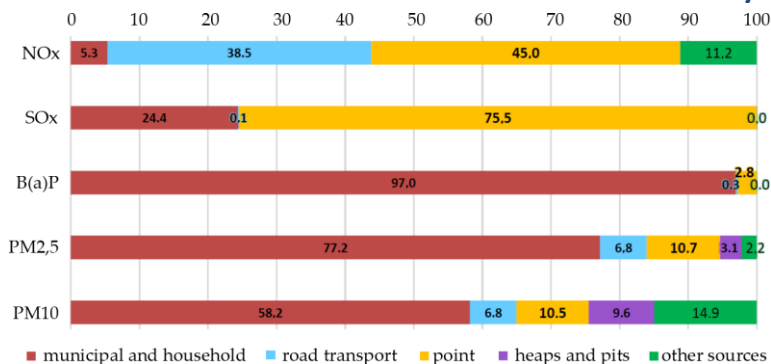
W przypadku wartości średniorocznej najwyższe wartości NO₂ zaobserwowano na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, Elektrowni Bełchatów oraz dużych aglomeracji miejskich, takich jak Warszawa, Kraków, Łódź czy Wrocław.

Niestety rozdzielczość danych nie pozwala na szczegółową analizę zanieczyszczenia powietrza w odniesieniu do konkretnych dzielnic miasta czy poszczególnych ulic.

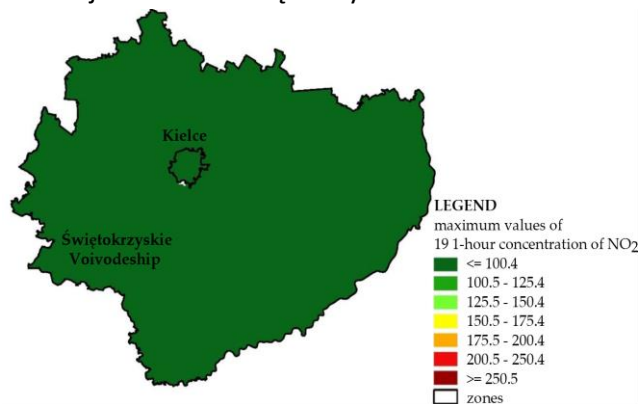
ANALIZA MATERIAŁÓW ŹRÓDŁOWYCH DOTYCZĄCYCH POZIOMU ZANIECZYSZCZEŃ NO₂ DLA MIASTA KIELCE (Dane urzędowe)

Roczna ocena jakości powietrza w województwie świętokrzyskim. Raport wojewódzki za rok 2020. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

Portal internetowy Idea Kielce, Portal internetowy Smog Kielce.



(a) Procentowy udział źródeł emisji poszczególnych zanieczyszczeń powietrza w województwie świętokrzyskim



(b) Rozkład przestrzenny maksymalnych wartości 19-godzinnych NO₂ w województwie świętokrzyskim i w mieście Kielce w 2020 r.

Dane pozyskane ze stacji monitoringu wskazują, że poziom NO₂ w Kielcach nie został przekroczony, a miasto zostało zakwalifikowane do klasy A.

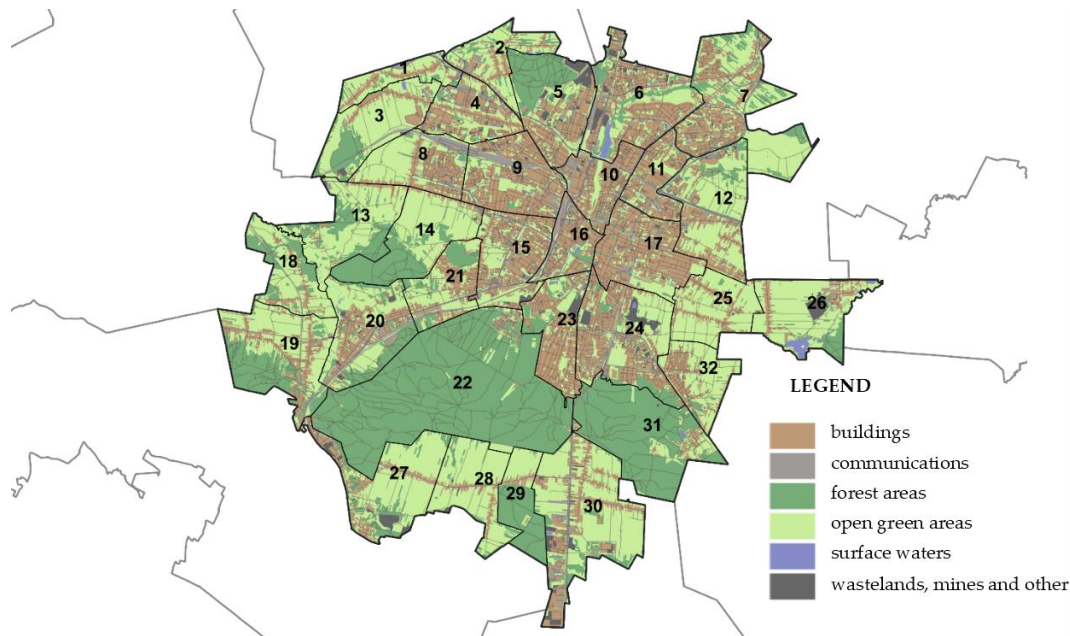
Przedstawiona ocena jest wynikiem interpretacji pomiarów wykonanych na trzech stacjach pomiarowych zlokalizowanych na terenie miasta, z których jedna stanowi stację podmiejską i nie odzwierciedla sytuacji w centrum miasta.

Dane przedstawione w raporcie dotyczą całego województwa, w tym miasta rozumianego jako strefa. Dlatego na rysunku (b) nie przedstawiono przestrzennego zróżnicowania jakości powietrza w mieście Kielce.

Uniemożliwia to dokonanie szczegółowej oceny jakości powietrza i wytypowanie obszarów w mieście o lepszych lub gorszych parametrach, nie tylko w zakresie NO₂, ale także innych rodzajów zanieczyszczeń.

No.	Lokalizacja	Data rozpoczęcia pomiarów	Mierzone rodzaje zanieczyszczeń
MS01	ul. Warszawska 108	2021-01-01	dwutlenek azotu, benzen, tlenek węgla, PM10
MS02	Ul. Targowa 3	2018-07-01	dwutlenek azotu, tlenki azotu, dwutlenek siarki, ozon, benzen, PM10, PM2.5, obecność metali w PM10
MS03	Ul. Jurajska 7	2021-01-01	PM10, benzo(a)piren w PM10

BADANIE PERCEPCJI JAKOŚCI POWIETRZA W MIEŚCIE KIELCE



(a) Wydzielone obszary badawcze na terenie miasta Kielce.

Do przeprowadzenia przestrzennego zróżnicowania miasta pod względem jakości powietrza oraz wyboru obszarów badawczych o złej i dobrej jakości powietrza wykorzystano ilościową metodę dyferencjału semantycznego (SD).

W tym celu Kielce zostały podzielone na 32 jednostki, które zostały ocenione w badaniu. Badanie trwało od 23 czerwca 2021 roku do 25 listopada 2021 roku. Ankiety zostały przedstawione ekspertom, czyli osobom ściśle związanym z Kielcami i posiadającym dobrą wiedzę na temat jakości powietrza i wpływu zanieczyszczeń na jakość życia w mieście.

Odpowiedzi były zbierane online przy użyciu techniki CAWI (Computer-Assisted Web Interview).

Każdy respondent miał za zadanie ocenić każdy z 32 obszarów badawczych za pomocą dyferencjału semantycznego oraz odpowiedzieć na pytania kontrolne. Odpowiedzi otrzymano od 108 osób. Liczba ta została uznana za wystarczającą ze względu na celowy sposób doboru respondentów.

Feature	Characteristic	Number	Value [%]
gender	female	75	69.44
	male	33	30.56
place of residence	Kielce	89	82.41
	the nearest neighbourhood of Kielce	19	17.59
age (in years)	under 30	34	31.48
	31-50	38	35.19
	over 50 years old	36	33.33
education	high school education	18	16.67
	higher (university)	90	83.33
air quality in Kielce	very good	7	6.48
	good	62	57.41
	bad	32	29.63
	I can't judge	7	6.48

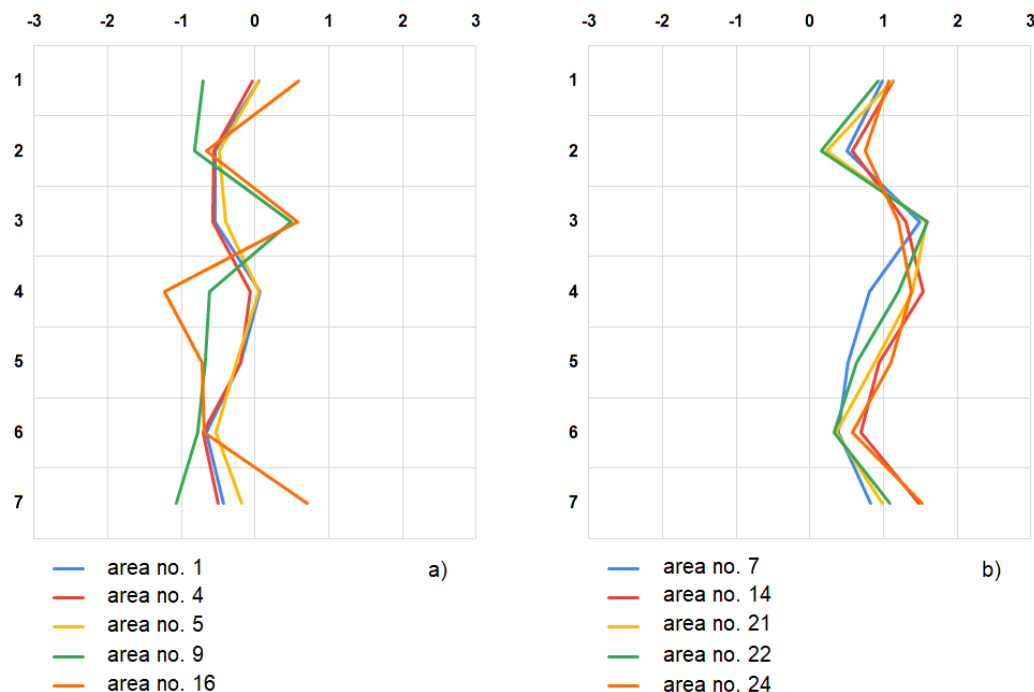
(b) Szczegółowa charakterystyka respondentów

BADANIE PERCEPCJI JAKOŚCI POWIETRZA W MIEŚCIE KIELCE

Please characterise research area no. ...

No.		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1.	dirty	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	clean
2.	polluted air	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	clean air
3.	industrial area	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	residential area
4.	concrete desert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	city garden
5.	loud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	quiet
6.	intense traffic	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	low intensity of traffic
7.	the surrounding discourage walks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	the surrounding encourage walks

(a) Dyferencjał semantyczny stosowany do oceny obszarów badawczych

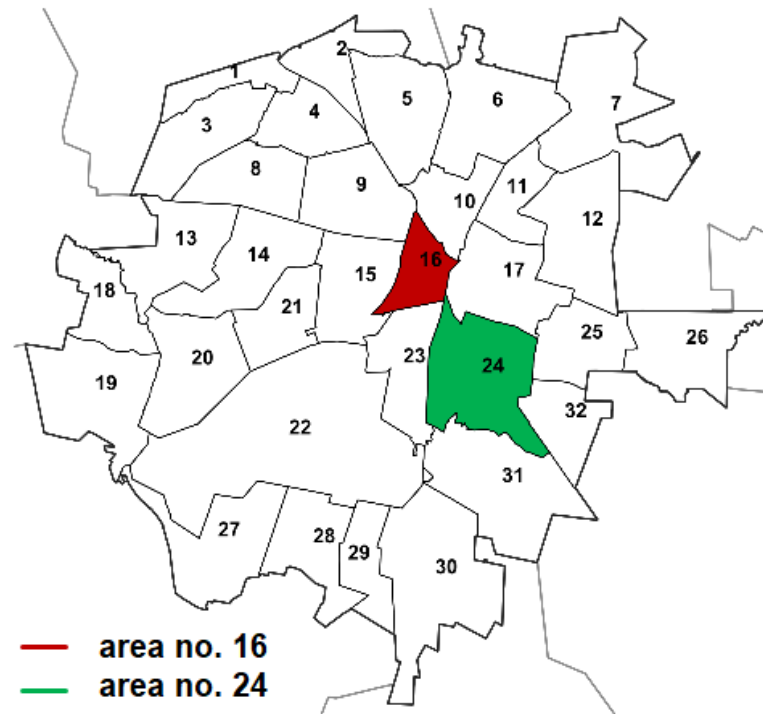
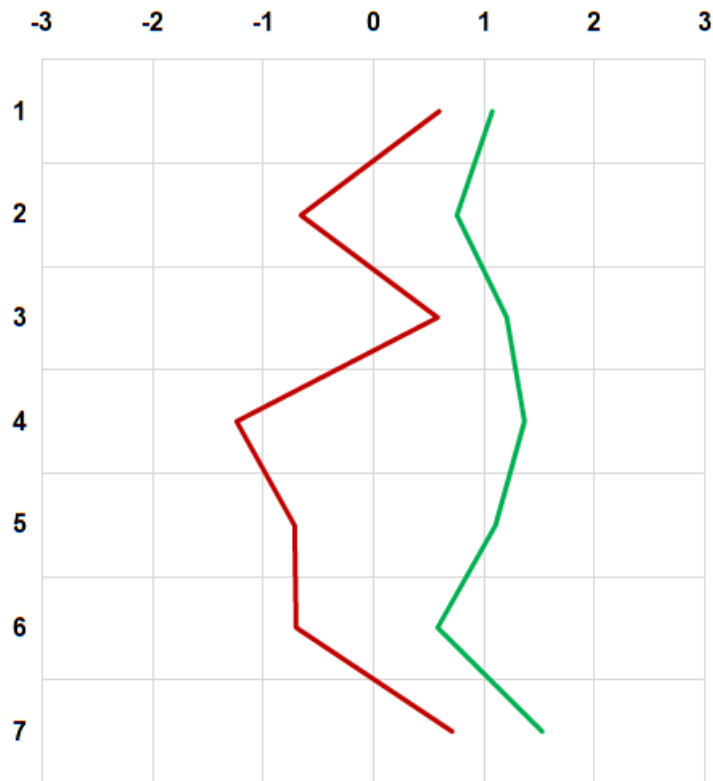


(a) Profile semantyczne 5 najgorzej (a) i najlepiej (b) ocenionych obszarów badawczych.

Zastosowanie metody dyferencjału semantycznego wymagało udzielenia **odpowiedzi na pytania przedstawione w formie tabeli**. Każdy wiersz takiej tabeli zawierał parę przeciwstawnych opisów (np. "brudny - czysty") umieszczonych na dwubiegunowej skali. **Rolą osoby oceniającej było wskazanie odczuć na temat danego zjawiska**. Aby umożliwić realizację zadania respondenci otrzymali **siedmiostopniową skalę (od -3 do +3)**, co zapewniło im możliwość jednoznacznego wyboru odpowiedzi. Co ważne, umożliwiało również wybór neutralnej wartości środkowej (0).

Najprostszą formą analizy danych zebranych w dyferencjale semantycznym jest narysowanie profilu graficznego, którego wierzchołki stanowią wartości liczbowe, jakie uzyskano dla poszczególnych par cech przeciwstawnych.

BADANIE PERCEPCJI JAKOŚCI POWIETRZA W MIEŚCIE KIELCE



Semantic profiles of areas selected for detailed analyses: area no. 16 (red) rated as one of the worst; area no. 24 (green) rated as one of the best.

Najgorzej ocenione obszary znajdują się w północno-zachodniej części miasta (1, 4, 5 i 9) i centrum (obszar nr 16) silnie zurbanizowane, w obrębie których (lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie) znajdują się drogi o dużym natężeniu ruchu, tereny kolejowe i/lub zakłady przemysłowe.

Z kolei **najlepiej ocenione obszary znajdują się poza centrum miasta. Trzy z nich (7, 21 i 24) to obszary obejmujące głównie zabudowę mieszkaniową (zarówno jedno- jak i wielorodzinną). Pozostałe (14 i 22) to tereny zieleni urządzonej. Na podstawie wszystkich dostępnych informacji stwierdzono, że dalszym analizom poddane zostaną obszary 16 i 24.**

IDENTYFIKACJA OBSZARÓW O DOBREJ I ZŁEJ JAKOŚCI POWIETRZA

Zagospodarowanie analizowanych obszarów
badawczych: a) obszar nr. 16; (b) obszar nr 24



Obszar nr. 16 obejmuje centrum miasta Kielce.

Obejmuje on **trasy głównego układu komunikacyjnego, drogi o znaczeniu krajowym, o zwiększonym udziale pojazdów ciężkich**. Na intensywny ruch wpływa **obecność dwóch dworców: PKS i PKP**.

Charakteryzuje się **zwartą zabudową o średniej wysokości, stanowiącą skupisko budynków administracyjnych, kulturalnych i zabytkowych obiektów handlowych**. Są to w większości budynki oddane do użytku w XIX i XX wieku, o umiarkowanym stanie technicznym.

W obrębie ww. obszaru występują nieliczne strefy zieleni.

Obszar nr 24 obejmuje z kolei w dużej mierze tereny zielone, które stanowią główny atut analizowanej przestrzeni.

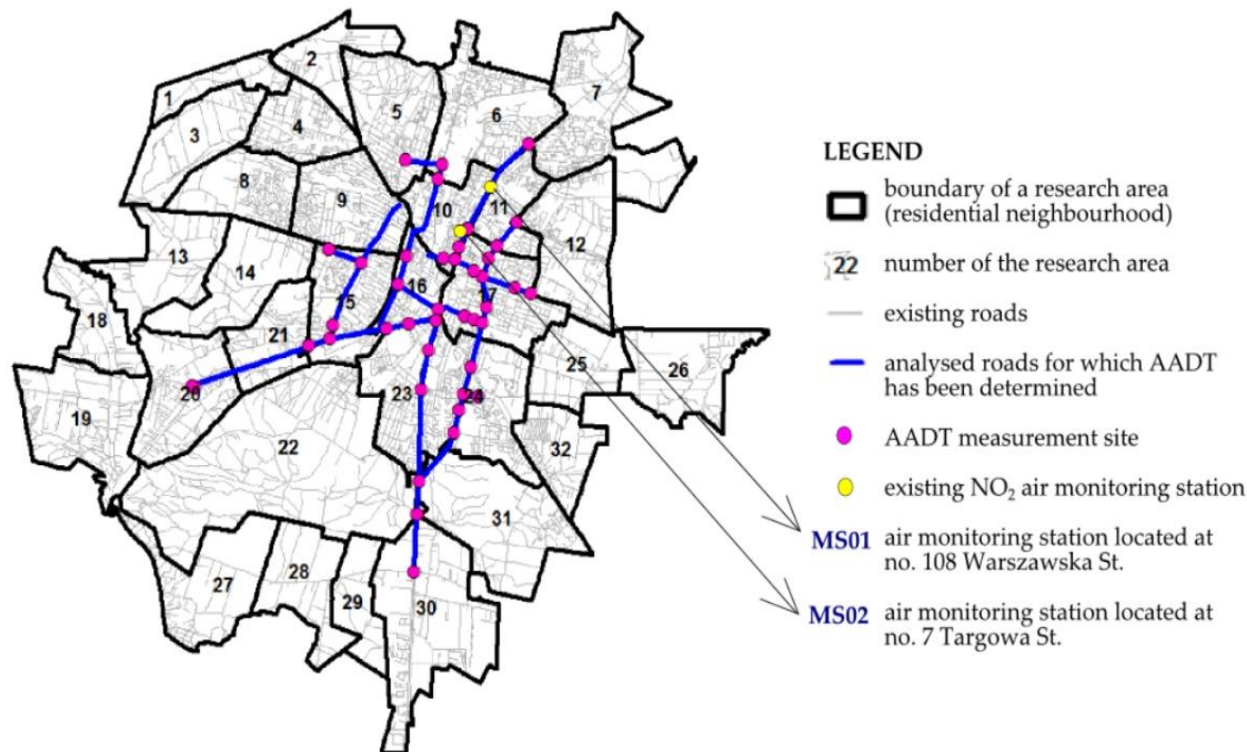
W północnej części obszaru można wyróżnić dwie zielone dominanty przestrzenne: rezerwat przyrody Wietrznia oraz Telegraf i Bukówka, obok których zlokalizowane jest prestiżowe osiedle mieszkaniowe (Pod Telegrafem), z wolnostojącą zabudową jednorodziną o charakterze rezydencjonalnym.

W zachodniej części obszaru dominuje z kolei zabudowa wielorodzinna - osiedle Barwinek. Budynki te pochodzą z początku XXI wieku i charakteryzują się bardzo dobrym stanem technicznym. Jest to modna dzielnica w mieście, o najwyższych cenach nieruchomości mieszkalnych w Kielcach.

Przez zachodnią część obszaru przebiegają ulice Tarnowska i Ściegiennego (odcinki drogi krajowej nr 73). Jest to dwujezdniowa droga wylotowa w kierunku Tarnowa, o charakterze tranzytowym, o dużym natężeniu ruchu pojazdów lekkich i ciężkich.

WERYFIKACJA BADAŃ ANKIETOWYCH

MODELOWANIE NO₂ GENEROWANEGO PRZEZ TRANSPORT DROGOWY



Lokalizacja punktów pomiarowych natężenia ruchu drogowego AADT, z usytuowaniem stacji monitoringu powietrza na tle obszarów badawczych

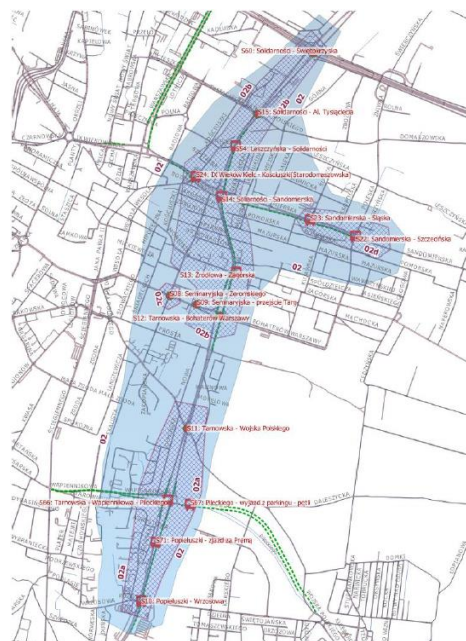
W badaniach wykorzystano dane udostępnione przez Miejski Zarząd Dróg w Kielcach. Były to wyniki bezpośrednich pomiarów ruchu prowadzone w 42 punktach pomiarowych zlokalizowanych na skrzyżowaniach oraz odcinkach międzywęzłowych najbardziej uciążliwych dróg w Kielcach. W większości badania ruchu przeprowadzono na drogach krajowych i wojewódzkich. Przebadano łącznie 22 ulice.

W modelu obliczeniowym uwzględniono również dane dotyczące sposobu zagospodarowania i rzeźby terenu wokół dróg (wizja lokalna, dane przestrzenne w otwartym dostępie)

WERYFIKACJA BADAŃ ANKIETOWYCH

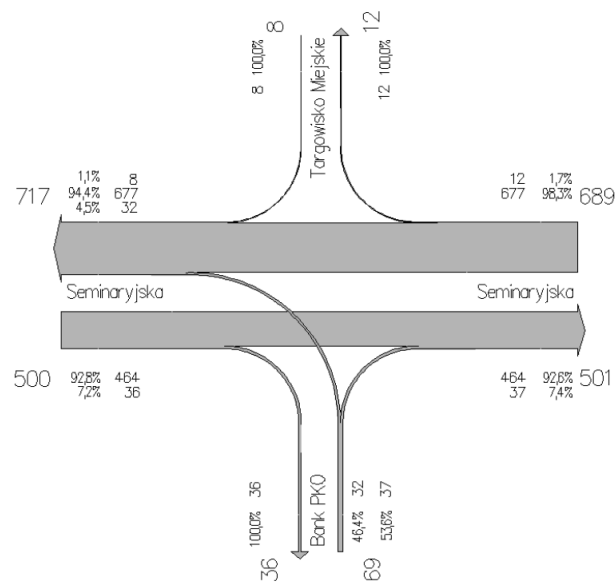
MODELOWANIE NO₂ GENEROWANEGO PRZEZ TRANSPORT DROGOWY

Kontrakt:	„Wdrożenie Inteligentnego Systemu Transportowego(ITS) w Kielcach wraz z budową niezbędnej infrastruktury.”
Stadium:	Projekt inżynierii ruchu
Inwestor:	Gmina Kielce – Miejski Zarząd Dróg w Kielcach, 25-395 Kielce, ul. Prendowskiej 7
Wykonawca:	Alumbrados Viarios Sociedad Anonima Spółka Akcyjna Oddział w Polsce 32-087 Zielonki ul. Galicyjska 22
Data opracowywania:	Luty 2021
Wersja	1



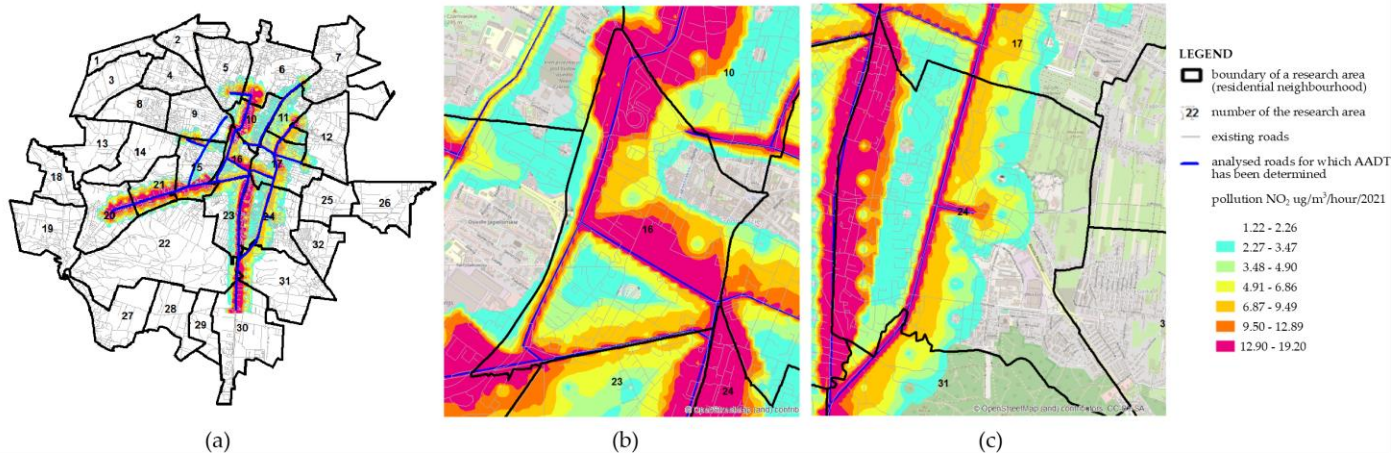
2.2. S09: Seminaryjska - przejście Targ

Szczyt poranny - Dane z pomiarów z 2020 rok



WERYFIKACJA BADAŃ ANKIETOWYCH

MODELOWANIE NO₂ GENEROWANEGO PRZEZ TRANSPORT DROGOWY



Mapa prognostyczna dla NO₂ generowanego przez badane drogi na terenie miasta Kielce w 2021 roku; (a) sytuacja dla 12 badanych obszarów badawczych; (b) sytuacja dla obszaru nr. 16; (c) sytuacja dla obszaru nr. 24.

Najwyższy poziom NO₂ obserwuje się w pobliżu ulic (wynosi on maksymalnie 19,20 µg/m³/h) i spada wraz ze wzrostem odległości od źródła, osiągając ostateczną wartość w zakresie 1,22-2,26 µg/m³/h (ryc. a). W przeprowadzonych analizach nie odnotowano przypadków przekroczenia dopuszczalnej wartości stężeń 1-godzinnych (200 µg/m³).

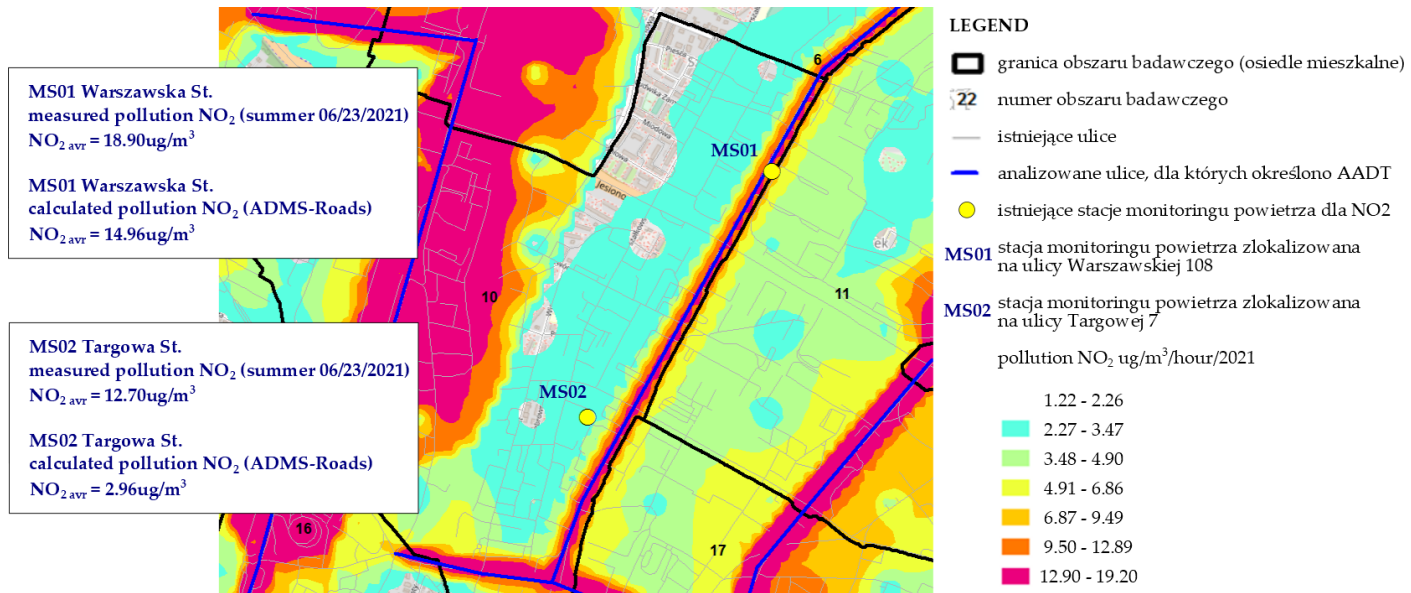
Co ciekawe, poziom zanieczyszczeń dla obszarów badawczych nr. 16 i nr 24 jest zadowalający i porównywalny. Natężenie ruchu na analizowanych drogach generuje podobny poziom zanieczyszczeń.

Jedyna różnica dotyczyła udziału obszarów o poziomie zanieczyszczeń z górnego przedziału. Ze względu na rodzaj zabudowy oraz układ systemu komunikacyjnego, tj. występowała duża koncentracja dróg o dużym natężeniu ruchu w obrębie obszaru nr. 16 - ok. 40% (rys. b), natomiast w obszarze nr 24 – ok. 10%.

Ponadto na obszarze nr 24 zanieczyszczenia koncentrują się w jego zachodniej części, poza terenami zabudowy mieszkaniowej czy zieleni rekreacyjno-wypoczynkowej. Może to być przykład dobrze zagospodarowanego obszaru, gdzie struktura przestrzenna gwarantuje komfort życia, a poziom zanieczyszczeń powietrza jest niski (rys. c).

WERYFIKACJA BADAŃ ANKIETOWYCH

MODELOWANIE NO₂ GENEROWANEGO PRZEZ TRANSPORT DROGOWY



Poziom NO₂ pomierzony w dwóch stacjach monitoringu powietrza na tle obliczonego poziomu NO₂ generowanego od transportu samochodowego

Poziom pomierzony NO₂ jest porównywalny dla stacji MS01, zlokalizowanej przy ul. Warszawskiej. Poziom pomierzony dla MS01 wynosi NO₂=18,9 µg/m³, poziom obliczony w modelu NO₂=14,96 µg/m³.

Pomiar w stacji MS02 – 12,7 µg/m³ nie jest porównywalne z poziomem uzyskanym w modelu – 2,96 µg/m³. Może wynikać to z faktu, iż bezpośrednie pomiary AADT, które stanowią podstawę do obliczenia NO₂, były prowadzone w różnych dniach tygodnia i wielkość AADT w rejonie ulicy Targowej była określona w piątek, kiedy ruch samochodowy jest zmniejszony.

WNIOSKI

- Analiza dostępnych źródeł nie pozwala na szczegółową ocenę Kielc pod względem jakości powietrza. Przestrzenne (wewnętrzne) zróżnicowanie miasta w tym zakresie wymaga zastosowania nowoczesnych metod badawczych, łączących zaawansowane technologie GIS z systemem modelowania zanieczyszczeń powietrza;
- W okresie prowadzenia badań nie odnotowano przypadków przekroczenia dopuszczalnego poziomu zanieczyszczeń NO₂.
- Dokonując przestrzennej (wewnętrznej) oceny jakości powietrza w mieście, lokalni eksperci analizowali przede wszystkim kierunek rozwoju danego obszaru, a także kierowali się ugruntowanymi opiniami (np. atrakcyjność obszarów, tendencja do przenoszenia się w określone miejsce w mieście).
- Jako fragment miasta o najlepszych parametrach pod względem jakości powietrza respondenci wybrali obszar nr 24, charakteryzujący się największym udziałem terenów zielonych (częściowo wykorzystywanych na cele rekreacji i wypoczynku) i zabudowany w większości domami jednorodzinnymi. Obszar ten postrzegany jest przez mieszkańców jako prestiżowy, wygodny do zamieszkania i charakteryzujący się najwyższymi cenami nieruchomości mieszkalnych.
- Obszar wybrany przez respondentów jako ten o najgorszych parametrach znajduje się w centrum miasta, gdzie jest bardzo mało terenów zielonych, zabudowa jest gęsta i często wymaga termomodernizacji. W związku z powyższym można stwierdzić, że wynik badań ankietowych potwierdza jedynie sposób zagospodarowania miasta, a nie wynika z większej świadomości i identyfikacji źródeł zanieczyszczeń.



WNIOSKI

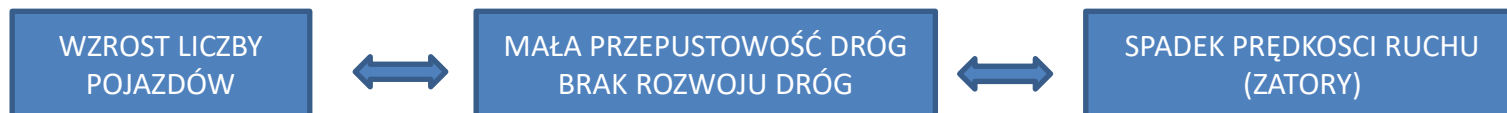
- Według lokalnych ekspertów **źródła punktowe (domowe i komunalne - związane z ogrzewaniem budynków) są główną przyczyną zanieczyszczenia powietrza, a sezon grzewczy (w Polsce od października do końca kwietnia) to czas o gorszej jakości powietrza w mieście.** Większość obszaru nr. 16 pokryta jest budynkami z XIX wieku, a także z lat 60. i 80. XX wieku, ogrzewanymi paliwem wysokoemisyjnym. Tymczasem w obszarze nr. 24, wypełniony domami jednorodinnymi w bardzo dobrym stanie technicznym, głównym źródłem ciepła jest gaz dostarczany z sieci miejskiej.
- **Transport drogowy nie jest postrzegany przez lokalnych ekspertów jako emitor zanieczyszczeń powietrza w mieście. W swoich opiniach respondenci nie uwzględnili faktu, że w centralnej i zachodniej części obszaru nr 24 znajdują się dwie drogi o znaczeniu państwowym - główne trasy północ-południe o intensywnym ruchu tranzytowym.**
- **Co ciekawe, na ulicach tworzących układ komunikacyjny obu obszarów występuje podobne natężenie ruchu drogowego. W związku z tym ulice te generują podobny poziom zanieczyszczeń.** Potwierdza to również weryfikacja przeprowadzona za pomocą programu ADMS-Roads. Obliczone stężenia NO₂ dla obu wybranych obszarów są zbliżone. W związku z tym jakość powietrza na tych obszarach jest podobna;
- Niestety wyniki badań potwierdzają, że **pomimo znajomości problemu zanieczyszczenia środowiska, lokalni eksperci nie są w stanie prawidłowo zidentyfikować źródeł zanieczyszczeń i wskazać obszarów miasta o dobrej i złej jakości powietrza.** Analizując powyższe można stwierdzić, że skoro te osoby nie potrafią prawidłowo ocenić przestrzeni, to pozostała społeczność (osoby, które w ramach swojego zawodu lub hobby nie zajmują się problemami środowiska i zdrowia) również nie byłaby w stanie prawidłowo ocenić przestrzeni pod względem jakości powietrza. **Potrzeba (nadal) kampanii uświadamiających wśród mieszkańców.**



JAKOŚĆ POWIETRZA



CIĄGI KOMUNIKACYJNE



WZROST POZIOMU ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA



Zanieczyszczenia regulowane zapisami dyrektyw europejskich
– implementacja POŚ

MONITORING **OCHRONA** **DZIAŁANIA NAPRAWCZE**
CO₂, HCs, PM, NOX, CO, hałas

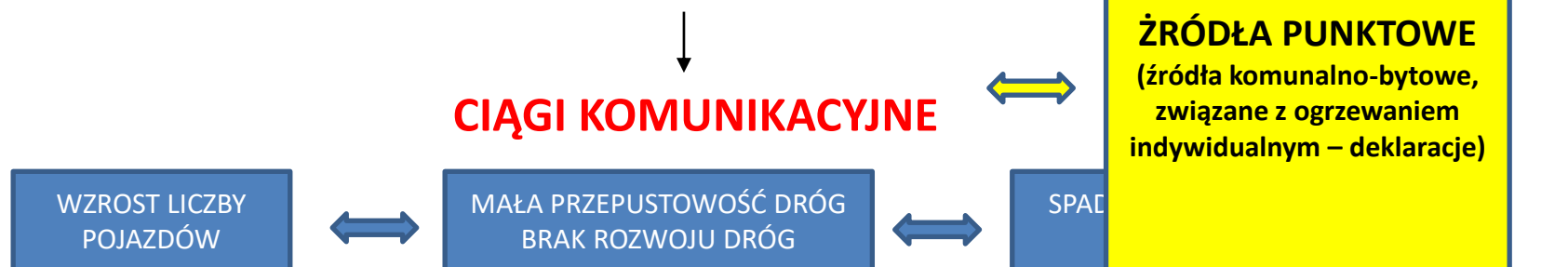


NIEPEŁNA (BŁĘDNA) INFORMACJA O JAKOŚCI POWIETRZA

Tylko szczegółowy monitoring zanieczyszczeń powietrza daje rzetelną ocenę jakości powietrza w mieście

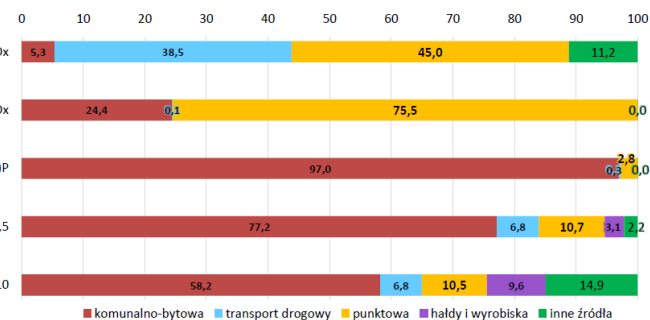


JAKOŚĆ POWIETRZA



WZROST POZIOMU ZANIECZYSZCZ

Zanieczyszczenia regulowane zapisami dyrektywy
– implementacja POŚ



MONITORING

OCHRONA

DZIAŁANIA NAPRAWCZE

CO₂, HCs, PM, NOX, CO, hałas

NIEPEŁNA (BŁĘDNA) INFORMACJA O JAKOŚCI POWIETRZA

Tylko szczegółowy monitoring zanieczyszczeń powietrza daje rzetelną ocenę jakości powietrza w mieście



SMART CITY

KIELCE - MIASTO INNOWACJI















SMART CITY



Open Access

Article

Verification of the Perception of the Local Community concerning Air Quality Using ADMS-Roads Modeling

by  Kinga Szopińska ¹ ,  Agnieszka Cienciata ^{2,*}  ,  Agnieszka Bieda ³ ,  Janusz Kwiecień ¹ ,
 Łukasz Kulesza ²  and  Piotr Parzych ³

¹ Faculty of Civil and Environmental Engineering and Architecture, Bydgoszcz University of Science and Technology, 85-796 Bydgoszcz, Poland

² Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce University of Technology, 25-314 Kielce, Poland

³ Faculty of Geo-Data Science, Geodesy and Environmental Engineering, AGH University of Science and Technology in Kraków, 30-059 Krakow, Poland

* Author to whom correspondence should be addressed.

Academic Editors: Bin Han and Meng Wang

Int. J. Environ. Res. Public Health **2022**, *19*(17), 10908; <https://doi.org/10.3390/ijerph191710908>

Received: 4 June 2022 / Revised: 20 August 2022 / Accepted: 26 August 2022 / Published: 1 September 2022

(This article belongs to the Special Issue **Traffic Related Air Pollution: Emissions, Exposures and Health Effects**)



**BYDGOSZCZ UNIVERSITY
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**
Faculty of Civil and Environmental Engineering
and Architecture



AGH

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY



Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology



SMART CITY

Konferencja **ZOOM** na Kielce



Wykorzystanie danych przestrzennych do modelowania jakości powietrza w mieście Kielce

dr inż. Kinga Szopińska
k.szopinska@pbs.edu.pl



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**

Wydział Budownictwa,
Architektury i Inżynierii Środowiska