

Zoom na Kielce

Konferencja podsumowująca Projekt

„System monitorowania efektywności miasta inteligentnego w ramach audytu miejskiego”
17-18 PAŹDZIERNIKA 2022, Kielce



Andrzej Bąkowski ⁽¹⁾, Leszek Radziszewski ⁽¹⁾, Zbigniew Skrobacki ⁽²⁾

Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej

RUCH POJAZDÓW I HAŁAS DROGOWY, ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA

(1) dr inż. Andrzej Bąkowski, prof. zw. dr hab. inż. Leszek Radziszewski; Katedra Mechaniki i Procesów Ciepłych WMiBM

(2) dr inż. Zbigniew Skrobacki; Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu WMiBM

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

1. Monitoring ruchu pojazdów drogowych w mieście Kielce

2. Przykład szeregu czasowego i modeli dla natężenia ruchu

3. Monitoring hałasu

4. Modelowanie współzależności pomiędzy natężeniem emisji dźwięku a parametrami ruchu pojazdów

5a. Efekty dydaktyczne wykorzystania danych miejskich w pracach Katedry Pojazdów Samochodowych i Transportu na Wydz. Mechatroniki i BM

5b. Efekty naukowe wykorzystania danych miejskich w pracach Katedry Mechaniki i Procesów Ciepłych na Wydz. Mechatroniki i BM

6. Miejski monitoring zanieczyszczenia powietrza pyłami

7. Uwagi końcowe - na co zwrócić uwagę tworząc system monitoringu środowiska

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

1. Monitoring ruchu pojazdów drogowych w mieście Kielce

1.1. Kongestia i co jeszcze?

Miasto	Liczba mieszk. [tys. os.]	Liczba samoch. osobowych [tys. szt.]
Kielce	192	115
Lublin	338	215
Bydgoszcz	342	221
Kraków	780	570



10 ZDJĘĆ
© Agencja Gazeta
MALGORZATA KUJAWKA

Rys. 1

Wybrane cele projektu „System monitorowania efektywności miasta inteligentnego w ramach audytu miejskiego”

- 1) ... monitorowanie usług i rozwoju,
- 2) udostępnienie danych w celu umożliwienia mieszkańcom (jednostkom, grupom, związkom) współudziału w zarządzaniu miastem,
- 3) standaryzacja procedur pozyskania aktualnych i wiarygodnych danych i analiz pod kątem jakości życia w mieście,
- 4) zarządzanie miastem w oparciu o zestandaryzowane dane.

DANE → ANALIZA ZJAWISK I PROCESÓW → MODELE I WNIOSKI

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

1. Monitoring ruchu pojazdów drogowych w mieście Kielce 1.2. Charakterystyka stacji pomiarowych



Rys. 2a, 2b, 2c



W Kielcach od 2011 roku jest zainstalowany system monitoringu ruchu pojazdów i emisji akustycznej, który składa się z 12 stacji pomiarowych. Każda stacja posiada m.in. radar cyfrowy firmy WAVETRONIX o częstotliwości pracy 245 MHz.

Od 2013 otrzymaliśmy dostęp do zarchiwizowanych danych na serwerze Miejskiego Zarządu Dróg w Kielcach

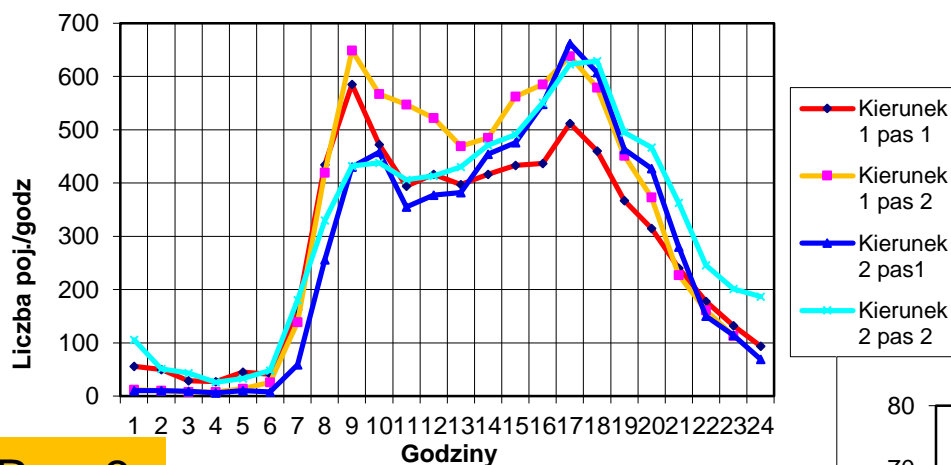
Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

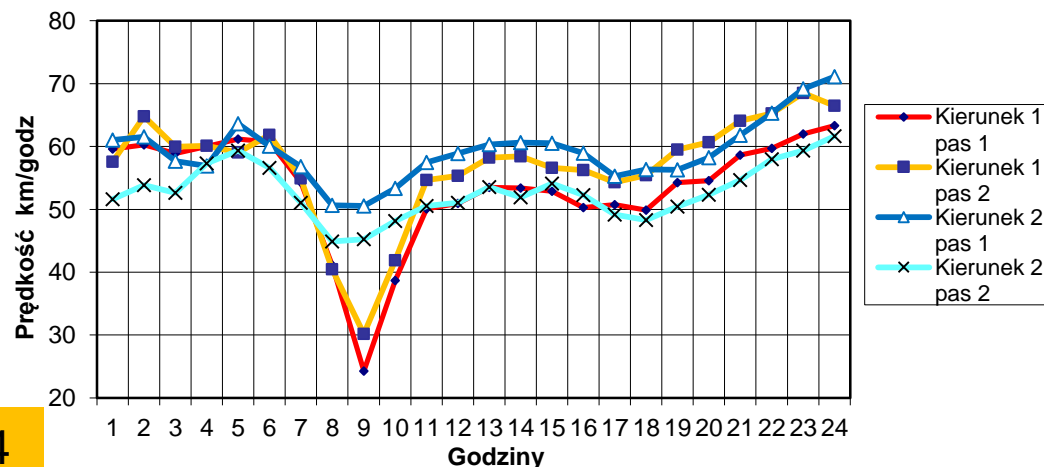
1. Monitoring ruchu pojazdów drogowych w mieście Kielce 1.2. Charakterystyka danych

Z radaru po przetworzeniu uzyskiwano dane:

- a) średnio-godzinne **natężenie pojazdów** na każdym pasie ruchu (Rys. 3),
- b) średnio-godzinna **prędkość pojazdów** na każdym pasie ruchu (Rys. 4)



Rys. 3



Rys. 4

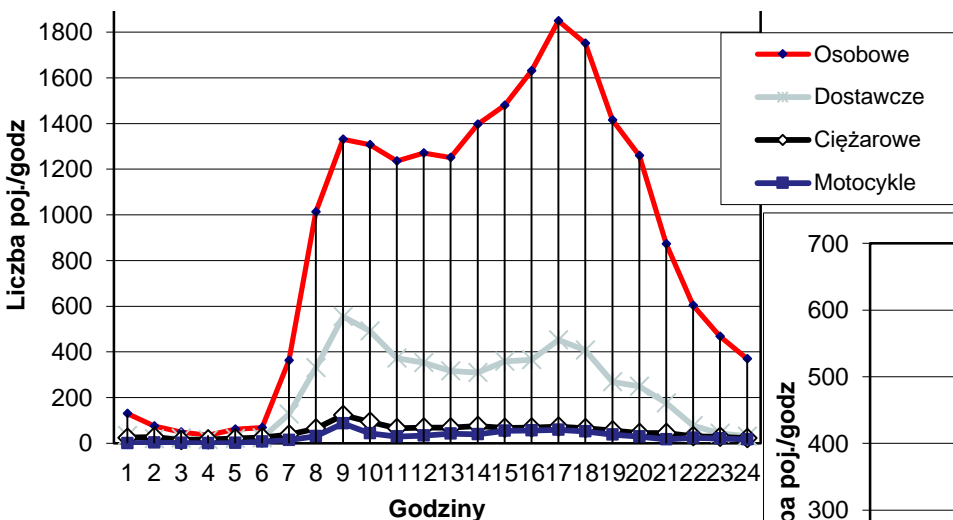
1. Monitoring ruchu pojazdów drogowych w mieście Kielce 1.2. Charakterystyka stacji pomiarowych

C.d. przykładowe dane średnio-godzinne (ul. Krakowska dn. 09.01.2013):

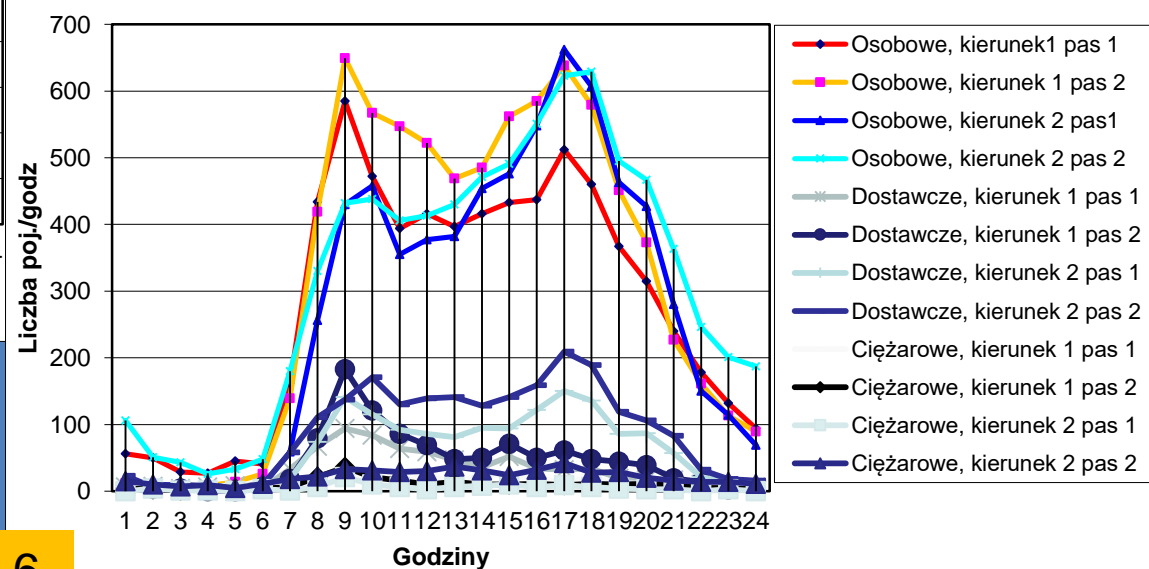
c) suma natężenia ruchu dla klas pojazdów (Rys. 5),

d) natężenie ruchu dla wybranych klas pojazdów na każdym pasie ruchu (Rys. 6),

e) gęstość pojazdów na drodze.



Rys. 5



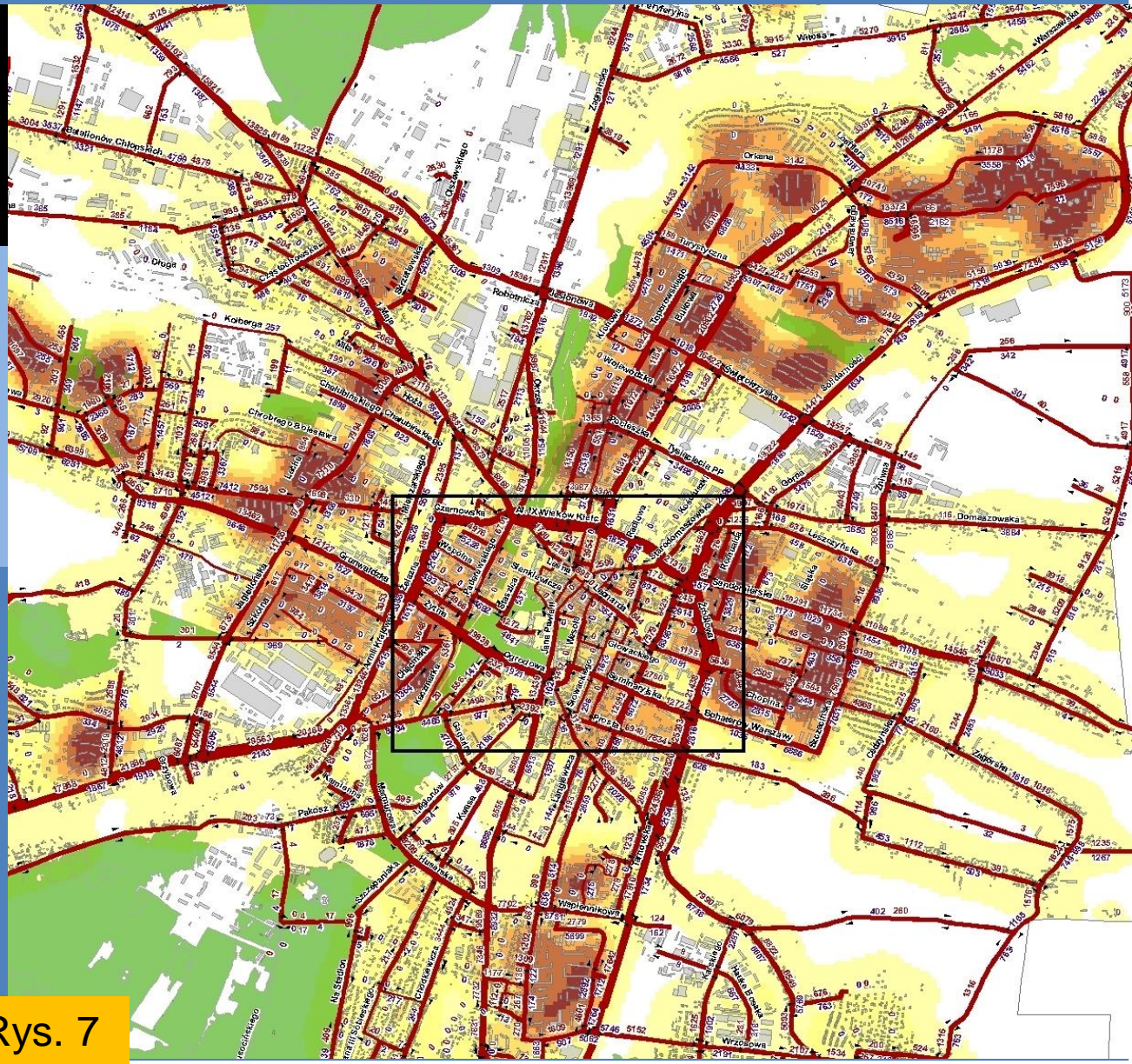
Rys. 6

1. Monitoring ruchu pojazdów drogowych w mieście Kielce

1.3. Prezentacja danych na mapie

Zastosowanie techniki GIS do prezentacji natężenia ruchu [poj/doba] oraz gęstości zaludnienia [os/km kw.].

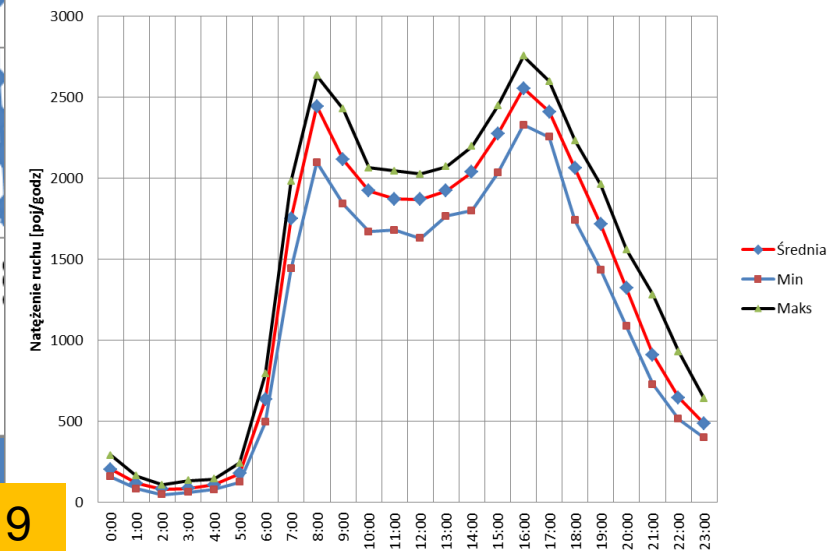
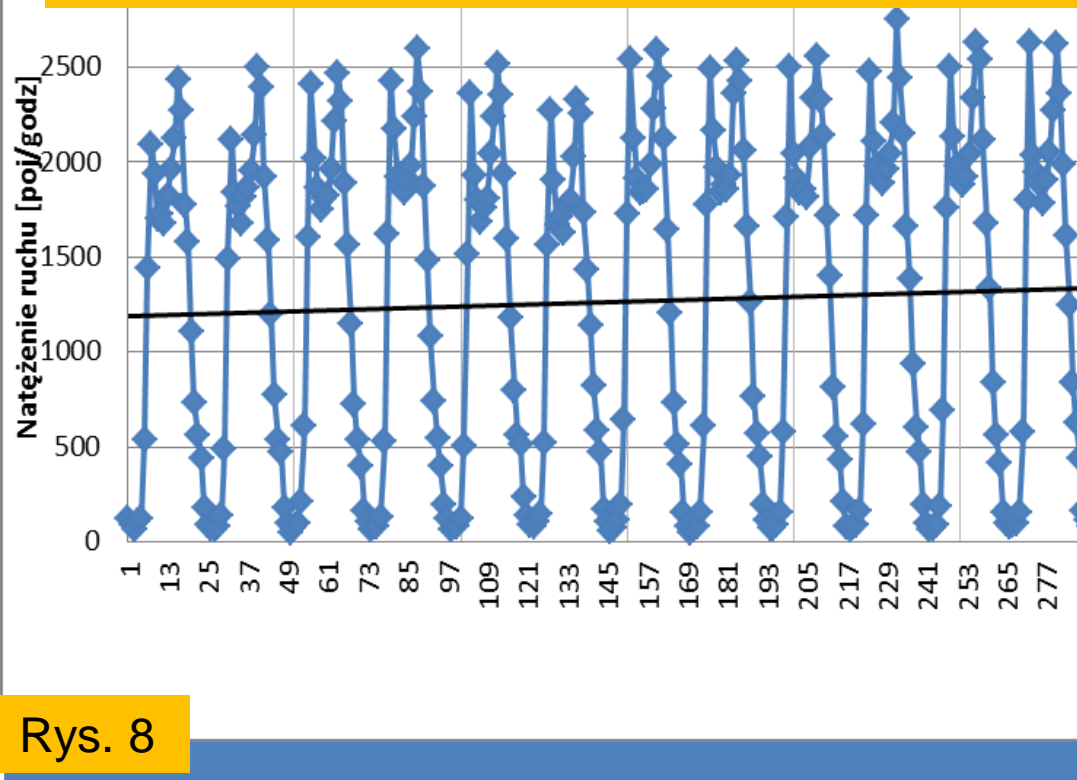
Szymon Ciupa, Zbigniew Skrobacki



Rys. 7

2. Analiza statystyczna, szeregi czasowe i modele dla prędkości pojazdów, intensywności ruchu i gęstości pojazdów na drodze

2.1. Dane źródłowe - natężenie ruchu pojazdów [poj/godz] na ul. Krakowskiej (Rys. 8) – dla dni roboczych bez piątku z każdego drugiego tygodnia w miesiącach od stycznia do czerwca 2013r. Przykład zbioru danych po eliminacji różnego rodzaju anomalii w szeregu rzeczywistym – efekt: dane jednorodne. (Rys. 9) - rozkład średniego natężenia ruchu, wartości min. i maks. w przekroju dobowym



Rys. 8

Rys. 9

2. Analiza statystyczna, szeregi czasowe i modele dla prędkości pojazdów, intensywności ruchu i gęstości pojazdów na drodze

2.2. Model multiplikatywny natężenia ruchu pojazdów na ul. Krakowskiej dla dni roboczych bez piątku

Dla szeregu czasowego (Rys. 8 na poprzednim slajdzie), utworzono model matematyczny w następującej postaci:

$$Z(t) = T(t) \cdot S_{\text{godz}}(t) \cdot C(t) \cdot I(t)$$

gdzie:

Z – wartości teoretyczne natężenia ruchu [poj./godz.],

T – funkcja trendu [poj./godz.],

S_{godz} – indeks zmian godzinowych o okresie jednej doby [-],

C – indeks zmian cyklicznych o okresie różnym od jednej doby [-],

I – indeks zmian losowych [-],

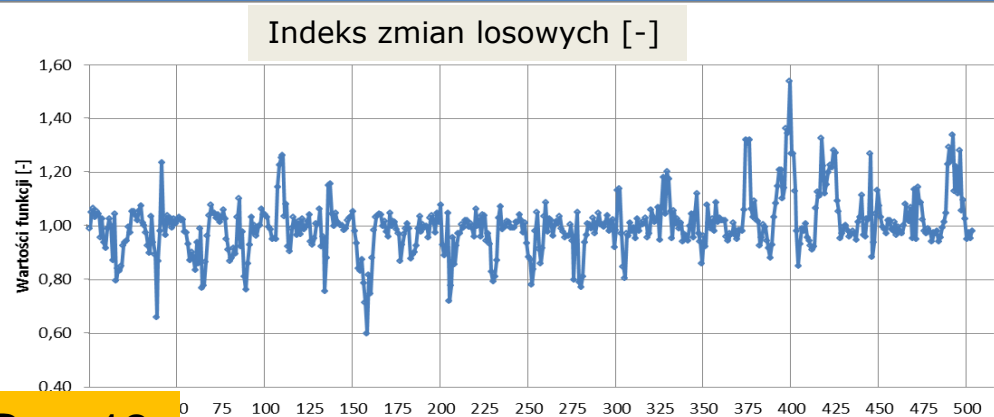
t – czas [godz.].



Rys. 11



Rys. 10



Rys. 12

2. Analiza statystyczna, szeregi czasowe i modele dla prędkości pojazdów, intensywności ruchu i gęstości pojazdów na drodze

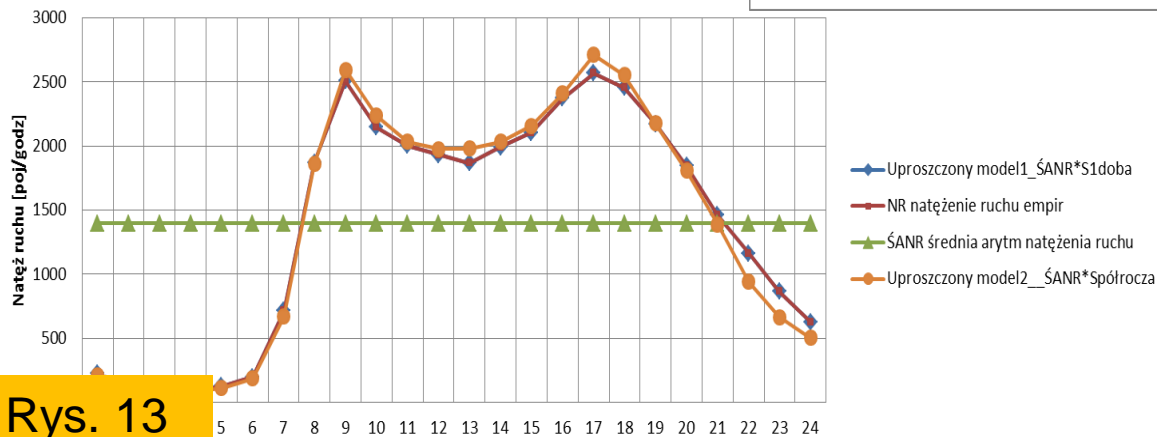
2.3. Modyfikacje modelu multiplikatywnego natężenie ruchu pojazdów na ul. Krakowskiej dla dni roboczych bez piątku

$$Z(t) = T(t) \cdot S_{\text{godz}}(t) \cdot C(t) \cdot I(t);$$

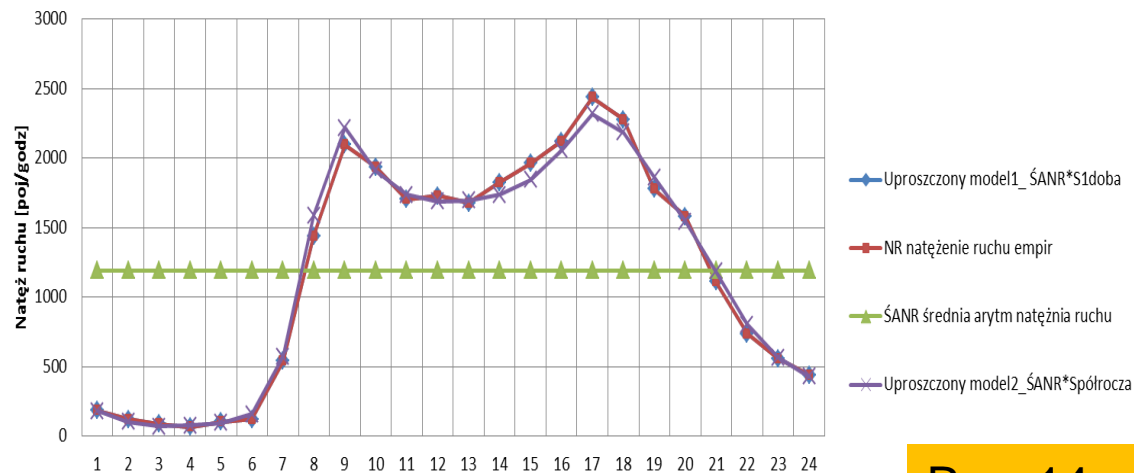
$$Z(t) = \acute{S}ANR \cdot S_{1\text{doba}}(t);$$

$$Z(t) = \acute{S}ANR \cdot S_{\text{półrocze}}(t);$$

Rozkład natężenia ruchu dla środy 12.06.



Rozkład natężenia ruchu dla środy 9.01.2013



Rys. 14

$$Z(t) = T(t) \cdot S_{\text{godz}}(t) \cdot C(t) \cdot MC[I(t)];$$

$$Z(t) = T(t) \cdot S_{\text{godz}}(t) \cdot AR[C(t)];$$

gdzie:

MC[I(t)] – generator Monte Carlo dla I(t),
AR[C(t)] – model autoregresji dla C(t),

Inne modele do analizy i prognoz

Modele regresyjne i wygładzenia wykładniczego :
Brown, Holta, Wintersa

Rys. 13

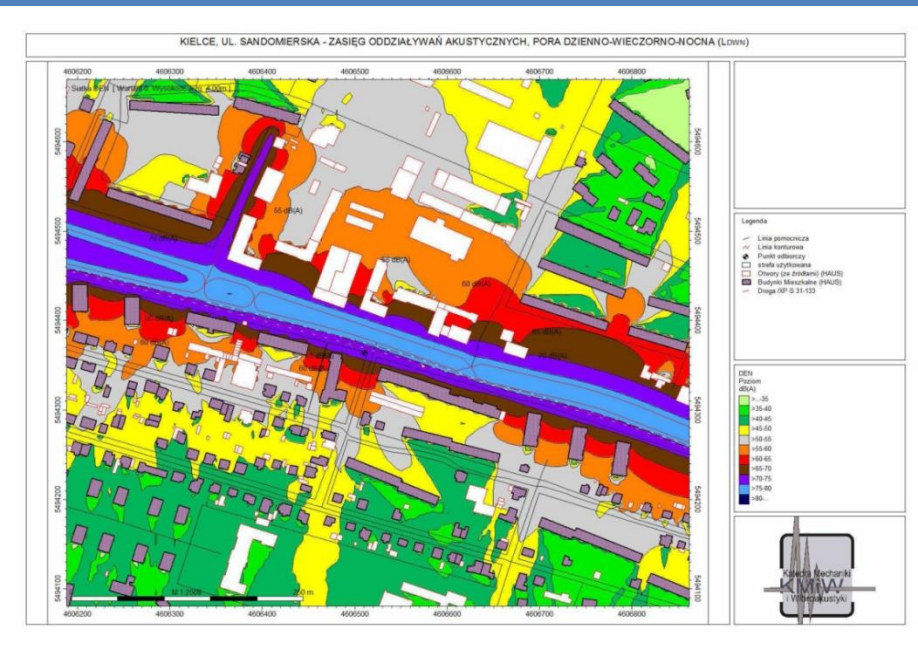
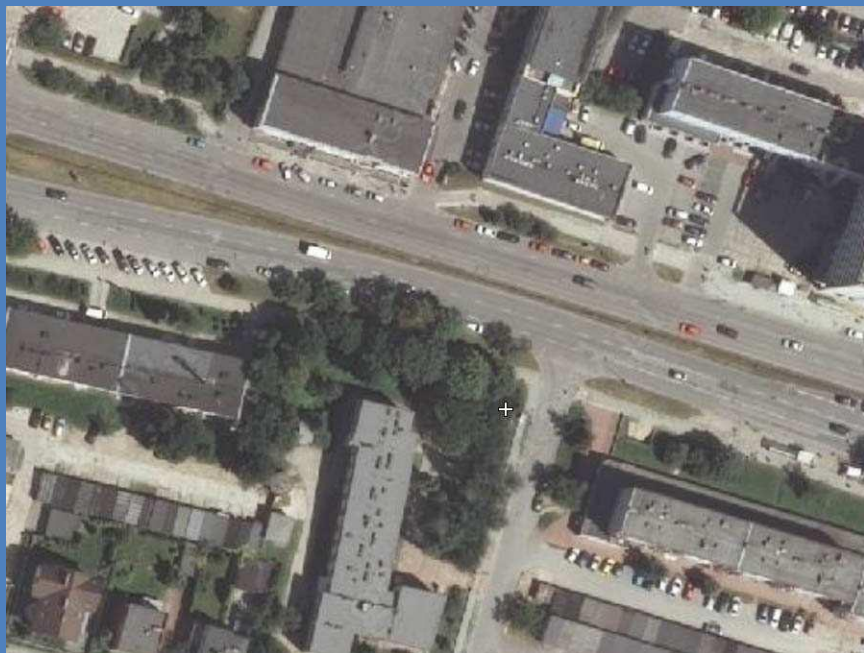
3. Monitoring hałasu

3.1. Charakterystyka techniczna stacji i przykł. analizy oddziaływań akustycznych

Miernik poziomu dźwięku: SVAN 958A, czterokanałowy, cyfrowy miernik poziomu drgań i dźwięku; zakres częstotliwości w przedziale 0,5 Hz – 20 kHz w zależności od mikrofonu; zakres temperatur: od -10 deg C do 50 deg C; rozdzielczość 0,1 dB; rejestracja co 1 s w buforze a wyniki zapisywano co 1 min.

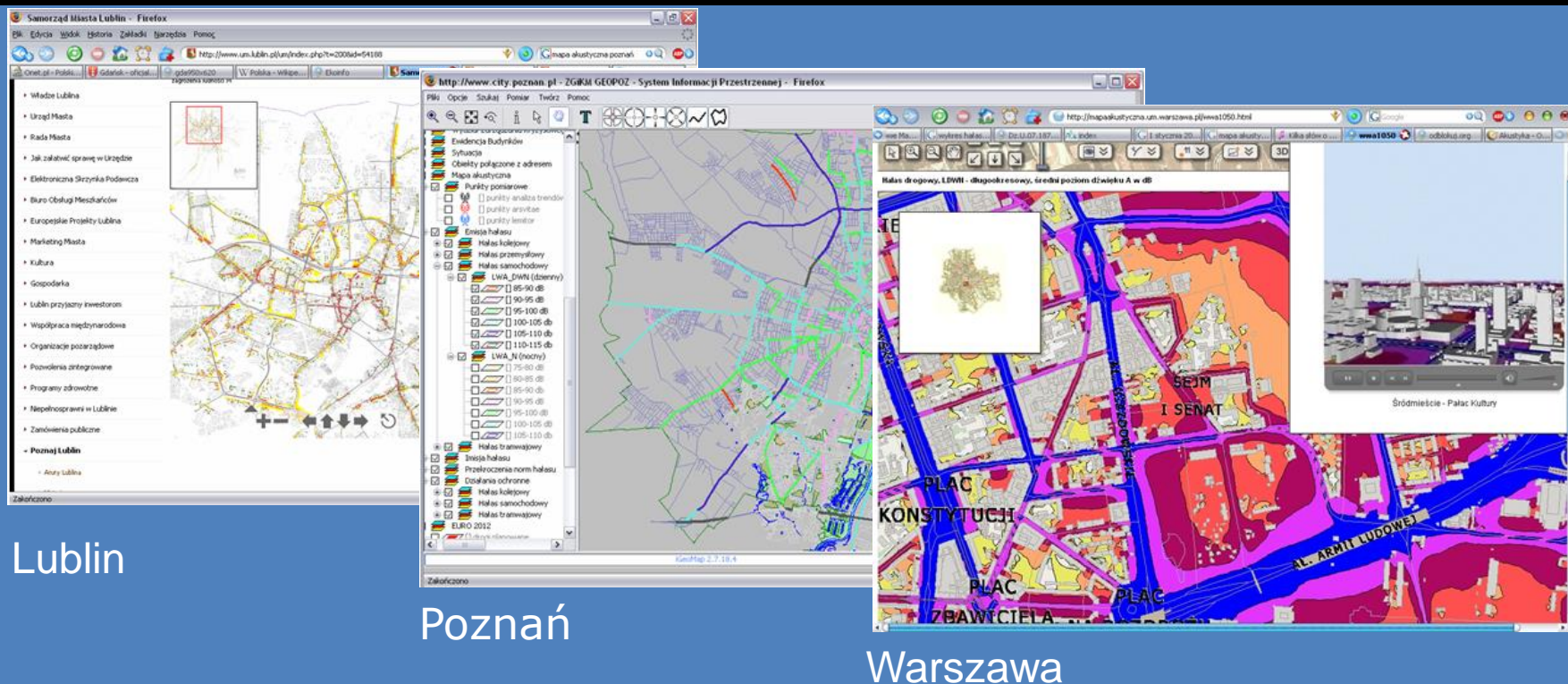
Na podstawie pomiarów automatycznie prowadzone były obliczenia równoważnego poziomu dźwięku dla trzech przedziałów czasowych: od 6:00 do 18:00; od 18:00 do 22:00; od 22:00 do 6:00.

Miernik danych pogodowych: automatyczna stacja meteorologiczna VAISALA WTX 510.



3. Monitoring hałasu

3.2. Mapy hałasu dla miast i dróg oraz ekrany akustyczne – czas na nowe zastosowania monitoringu np. w bezpieczeństwo drogowe, w bezpieczeństwo i kulturę współżycia na osiedlach mieszkaniowych, do identyfikacji źródeł emisji akustycznej



Lublin

Poznań

Warszawa

Rys.17. Przykłady warstw do map akustycznych

3. Monitoring hałasu

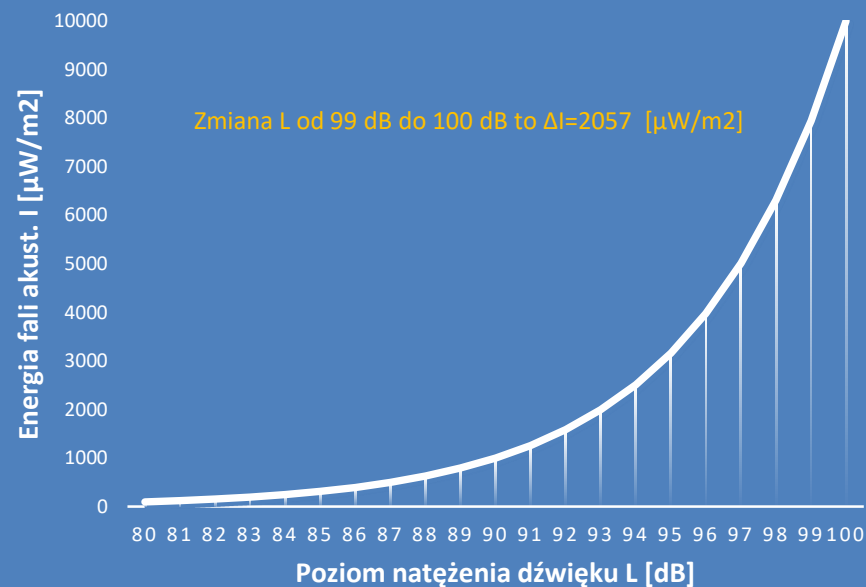
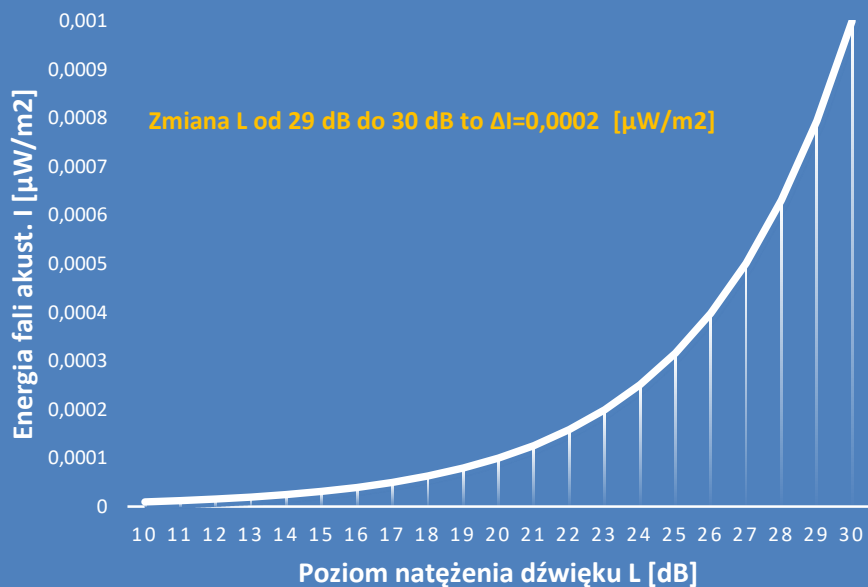
3.2. Co to jest hałas?

Drgania akustyczne o wysokiej intensywności, odbierane jako nieprzyjemne i stresujące

Poziom natężenia dźwięku L [dB]

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ [dB];}$$

I – miara energii akustycznej [W/m²], I₀ – wielkość odniesienia (10⁻¹² W/m²); $I = I_0 \cdot 10^{(L/10)}$ [W/m²]



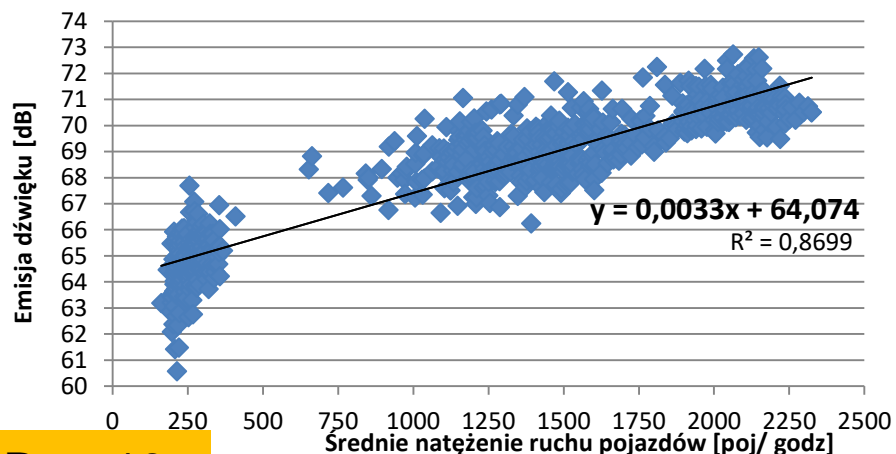
Rys.18. Przykład wartości energii fali akust. I w funkcji zmian poziomu natęż. dźwięku L; (po lewej) – wartości na drodze bez poj. sam.; (po prawej) – hałas na drodze o dużym natęż. ruchu.

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

3. Monitoring hałasu

3.3. Przykład wykorzystania pomiarów do analizy i utworzenia modelu regresji liniowej pomiędzy poziomem dźwięku [dB] a natężeniem ruchu pojazdów drogowych [poj./godz.]



Identyfikacja statystyk opisowych dla natężenia ruchu i emisji dźwięku dla całego dnia i dla pór dnia

$$b_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)(x_i - x'_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2}$$

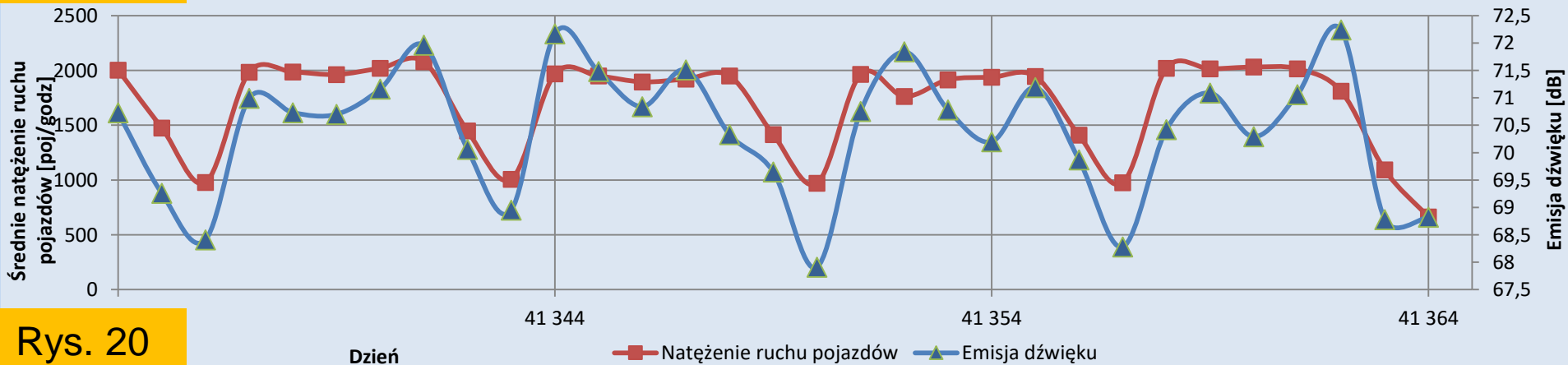
Wsp. regresji

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)(x_i - x'_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2 \sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2}}$$

Wsp. korelacji

gdzie: y_i, x_i – i-te wartości empiryczne ;
 y – poziom hałasu L_{Aeq} [dB],
 x – natężenie ruchu pojazdów [l.poj./godz],
 y'_i, x'_i – i-te wartości teoretyczne uzyskane z funkcji trendu

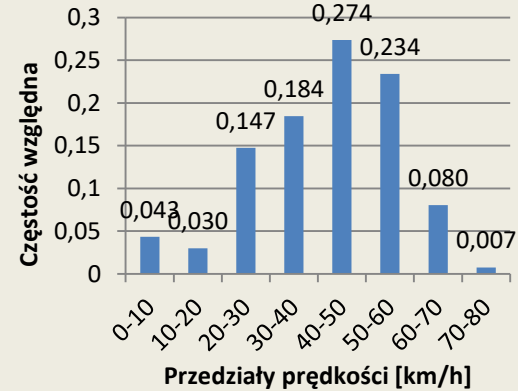
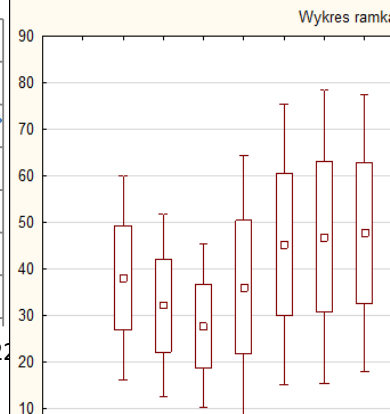
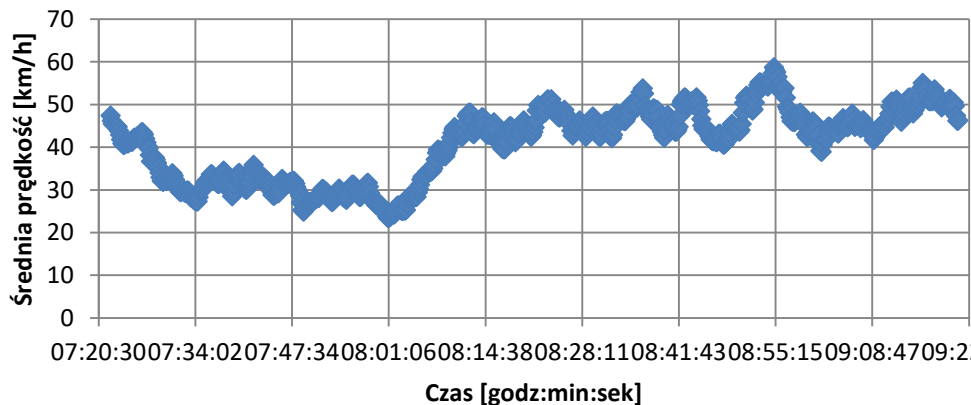
Rys. 19



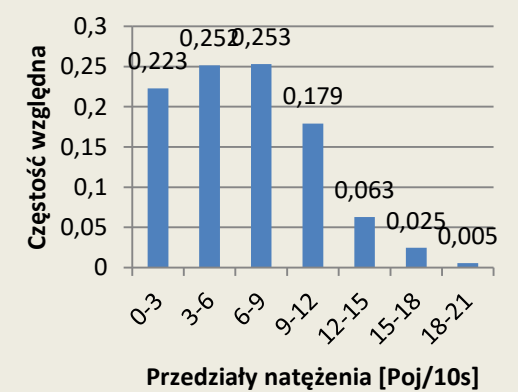
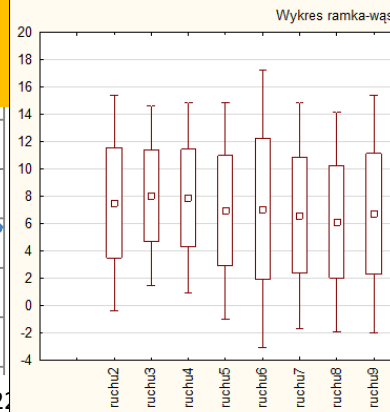
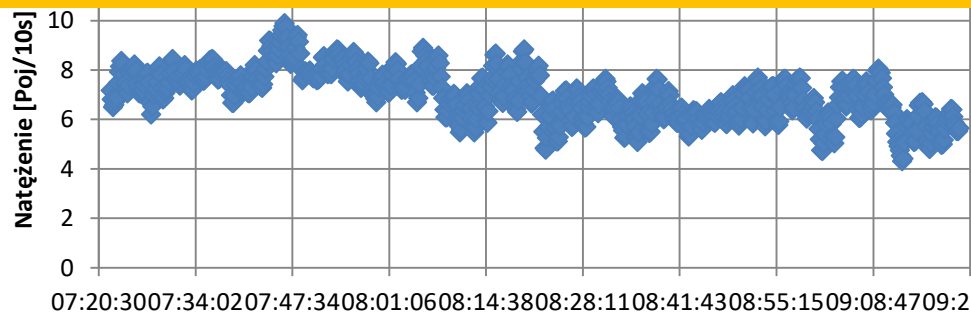
Rys. 20

4. Modelowanie współzależności pomiędzy natężeniem emisji dźwięku

4.1. Przykład zastosowania metody NPM (Nordic Prediction Method) do określenia ekwiwalentnego poziomu dźwięku $LA_{eq,T}$ [dB] na podstawie zmierzonych wartości natężenia ruchu pojazdów [poj./godz.] i ich prędkości z uwzględnieniem struktury pojazdów w okresie szczytu porannego na u. Krakowskiej w Kielcach



Rys. 21. Średnia ruchoma (trzy-minutowa) dla średniej prędkości pojazdów wyznaczona na podst. danych 10 sek.

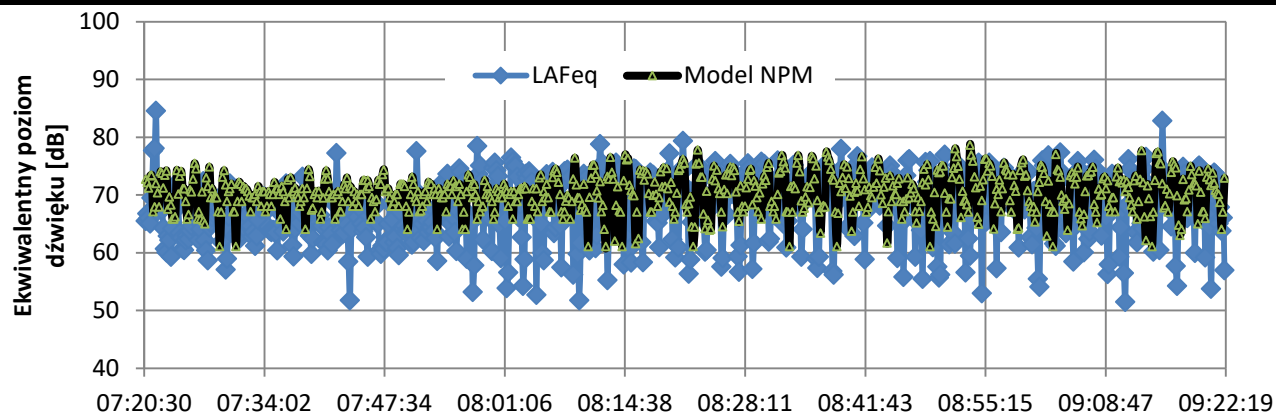


Rys. 22. Analogicznie jak na (Rys.21) dla natężenia ruchu

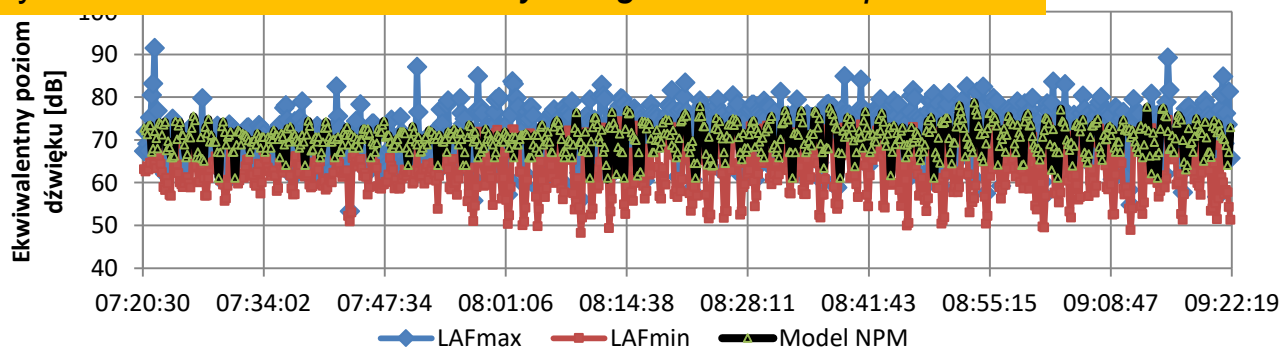
□ Średnia
▭ Średnia±Odch. std
⊥ Średnia±1,96*Odch. std

4. Modelowanie współzależności pomiędzy emisją dźwięku a parametrami ruchu

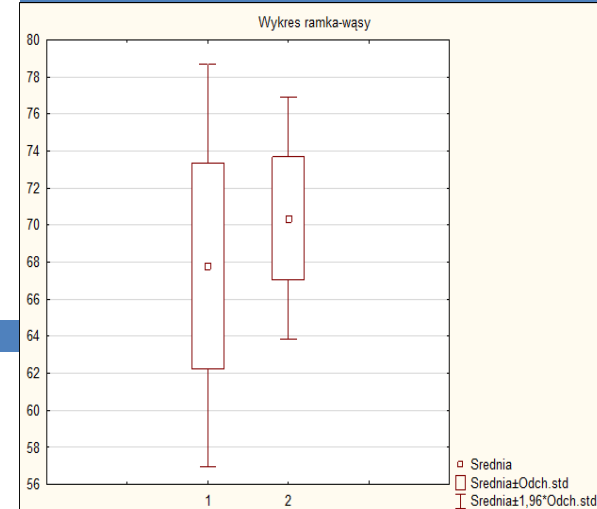
4.1. Przykład zastosowania metody NPM (*Nordic Prediction Method*) do określenia ekwiwalentnego poziomu dźwięku $L_{Aeq,T}$ [dB] na podstawie zmierzonych wartości natężenia ruchu pojazdów [poj./godz.] i ich prędkości z uwzględnieniem struktury pojazdów w okresie szczytu porannego na u. Krakowskiej w Kielcach



Rys. 23. Wartości modelu teoretycznego i wartości z pomiaru



Rys. 24. Analogicznie jak na (Rys.23) dla wart. min. i maks. z pomiaru



Rys. 25. Wykresy pudełkowe dla zmierzonego poziomu dźwięku LAF_{eq} [dB] (ozn. 1) i dla modelu teoretycznego $L_{Aeq,T,light}$ [dB] (ozn. 2)

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

5a. Efekty dydaktyczne wykorzystania danych miejskich w pracach Katedry Pojazdów Samochodowych i Transportu na Wydz. Mechatroniki i BM w latach 2013 – 2019. Promotor: Zbigniew Skrobacki

Tematyka prac dyplomowych	Źródła danych	Liczba prac magisterskich	Liczba prac inżynierskich
Badanie ruchu poj. sam. w Kielcach	Monitoring miejski	3	7
Badanie hałasu drogowego w Kielcach	Monitoring miejski	4	3
Analiza statystyczna zachowań transportowych i kosztów przemieszczania się w m. Kielce i w Regionie Świętokrzyskim	Badania własne ankietowe	6	8
Bezpieczeństwo na drogach	Różne źródła	1	5
Zanieczyszczenie powietrza i transport drogowy	WIOŚ, obliczenia własne (OPERAT, model Pasquilla)	8	6
Razem		22	29

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

5b. Efekty naukowe wykorzystania danych miejskich w pracach Katedry Mechaniki i Procesów Ciepłych na Wydz. Mechatroniki i BM w okresie 2016 – 2022 (kierownik zespołu badawczego: prof. dr hab. inż. L. Radziszewski)

Cel badań: kwantyfikacja zmienności i niepewności pomiarów parametrów ruchu i hałasu, które wykonano w Kielcach w ramach monitoringu miejskiego.

Analizę statystyczną zmienności i niepewności danych przeprowadzono za pomocą oprogramowania R.

Rodzaj publikacji	Źródła danych	Liczba publikacji
Publikacja w czasopiśmie w wykazie MNiSzW (część A)	Monitoring miejski	4
Materiały z konferencji międzynarodowych (zarejestrowane w Web of Science)	Monitoring miejski	9
Pozostałe artykuły	Monitoring miejski	10
Rozdziały w monografiach	Różne źródła	4
Suma publikacji		27

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

6. Miejski monitoring zanieczyszczenia powietrza pyłami

6.1. Wpływ na zdrowie

- ❑ Światowa Organizacja Zdrowia WHO: 92% ludzi na świecie oddycha zbyt zanieczyszczonym powietrzem
- ❑ Europejska Agencja Środowiska EEA w raporcie dot. jakości powietrza w 400 miastach Europy podała, że ok. 1 mln ludzi umiera w EU z powodu zanieczyszczenia powietrza.
- ❑ W Polsce z tego powodu umiera ok. 50 tys. os./rok.



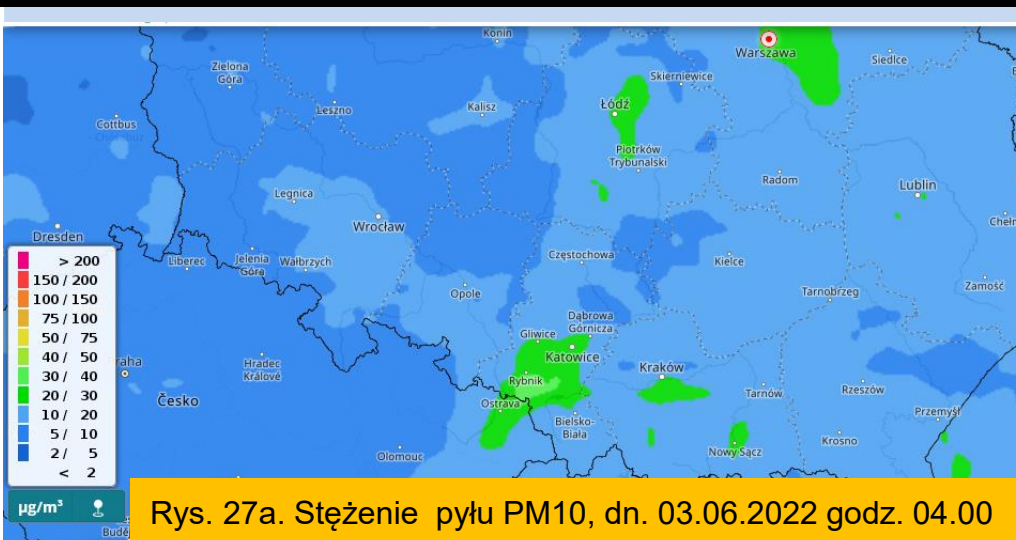
Rys. 26

Konferencja „Zoom na Kielce”

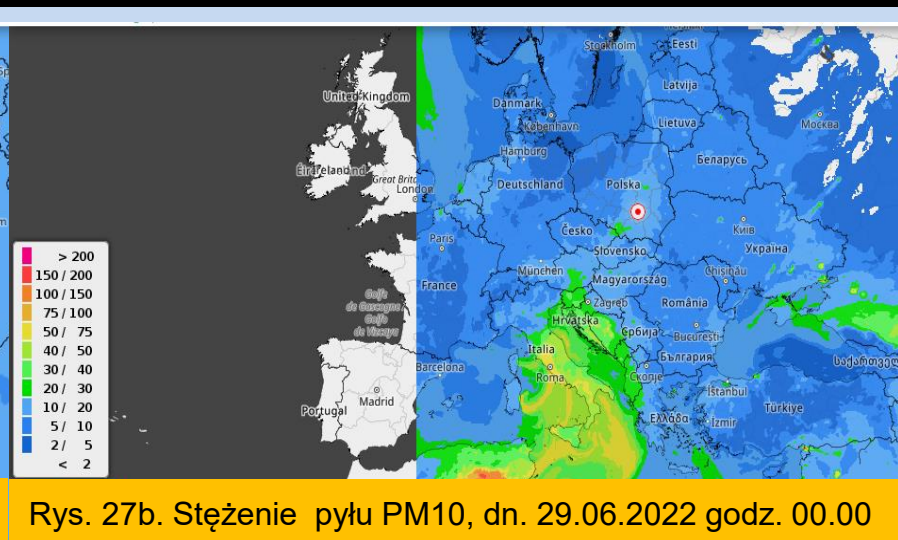
Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

6. Miejski monitoring zanieczyszczenia powietrza pyłami

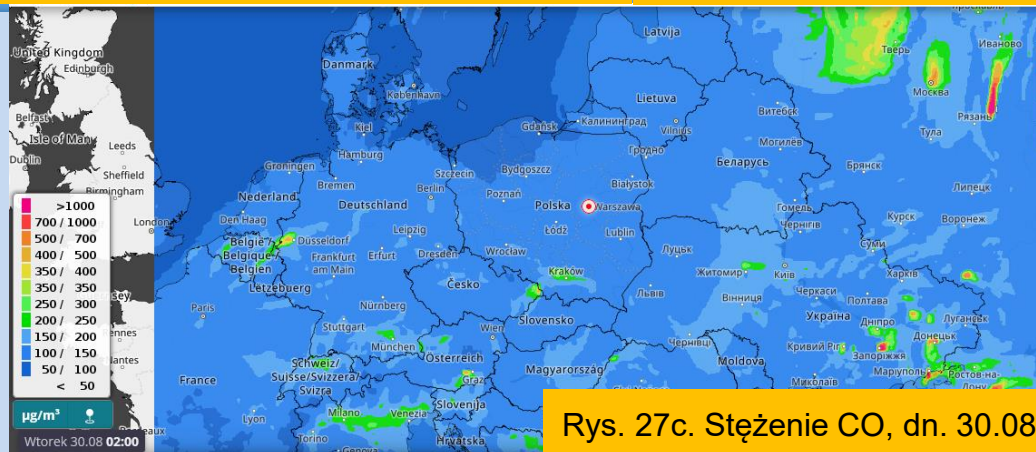
6.2. Rozprzestrzenianie się pyłów (Rys. 27 a, b, c. Prognoza CAMS 10.0 km) [<https://meteo.imgw.pl/>]



Rys. 27a. Stężenie pyłu PM10, dn. 03.06.2022 godz. 04.00



Rys. 27b. Stężenie pyłu PM10, dn. 29.06.2022 godz. 00.00



Rys. 27c. Stężenie CO, dn. 30.08.2022 godz. 02.00

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

6. Miejski monitoring zanieczyszczenia powietrza pyłami

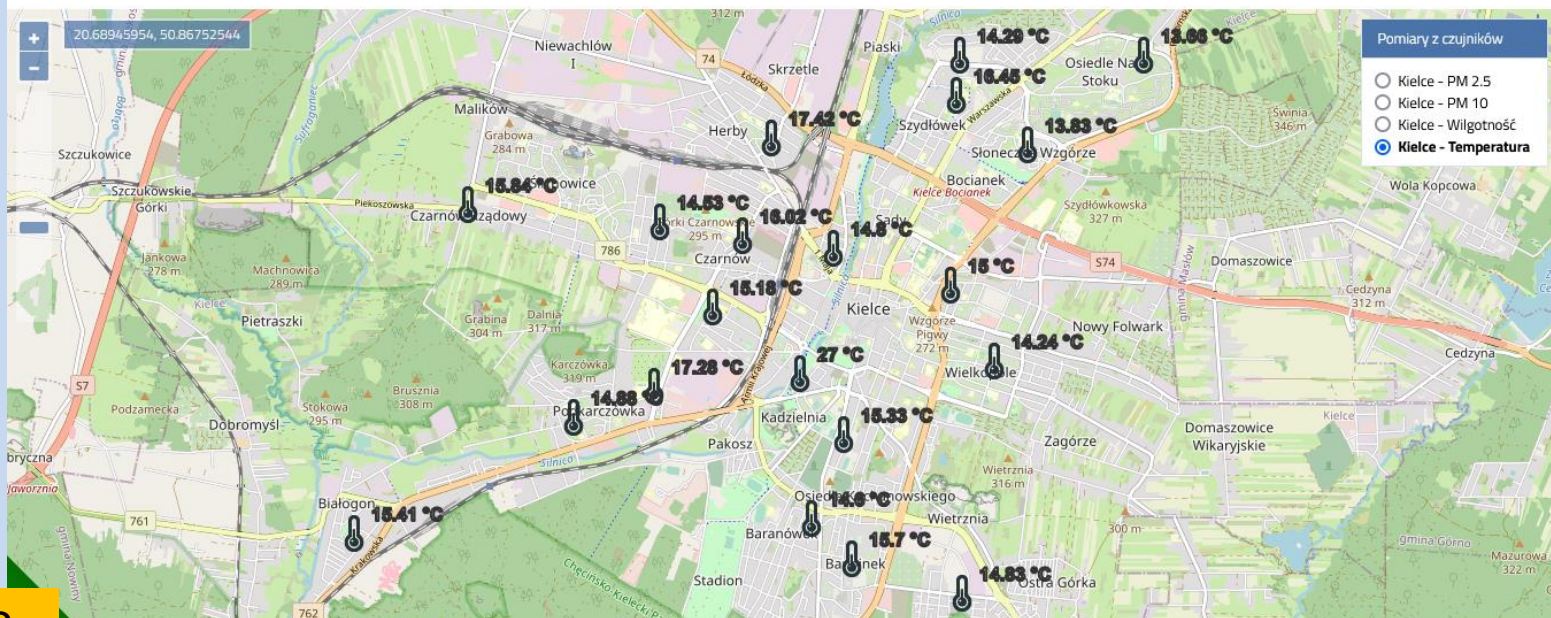
6.3. Możliwości monitoringu zanieczyszczeń powietrza

System do monitorowania jakości powietrza na terenie miasta Kielce powstał w ramach projektu „Kielce bez smogu” Kieleckiego Budżetu Obywatelskiego z 2020 r.

System składa się z 22 urządzeń do pomiaru jakości powietrza, monitorujących:

- poziom stężeń pyłów zawieszonych PM1, PM2.5 i PM10
 - temperaturę,
 - wilgotność
 - ciśnienie.

MAPA CZUJNIKÓW



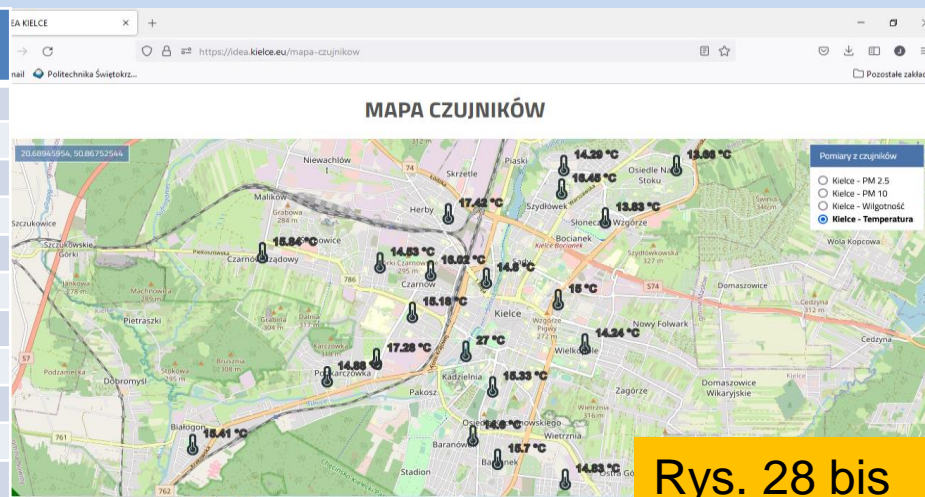
Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

6. Miejski monitoring zanieczyszczenia powietrza pyłami

6.4. Wyniki badań własnych stężenia pyłów PM10

Nr stacji	Adres stacji	Wysokość [m] n.p.m.
1	Os. Na Stoku 98	328
2	ul. Władysława Orkana 32	296
3	ul. Dąbrówki 38	291
4	ul. Strycharska 6	281
5	ul. Jagiellońska 32	276
6	ul. Szkolna 29	272
7	ul. Jagiellońska 90	269
8	ul. Jasna 20/22	267
9	ul. Malików 3	259
10	Skwer Szarych Szeregów	257
11	Al. Górników Staszicowskich 22A	238



Rys. 28 bis

Nazwa	Wartość [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Średnia ogólna w populacji	28,96
Odchylenie stand. w populacji	31,72
Mediana w populacji	20,95
Kwartył dolny Q1	10,00
Kwartył górny Q3	34,60
Odstęp międzykwartyłowy IQR	24,60
Płatek wewnętrzny prawy= $Q3+1,5*IQR$	71,50
Płatek wewnętrzny lewy= $Q1-1,5*IQR$	-26,90
Minimalna wartość	1,00

Wyboru stacji dokonano według kryterium wysokości n.p.m. (od najwyższej do najniższej położonych) i umiejscowienia jak największej ilości stacji w otoczeniu Doliny Silnicy i Białogońskiej. **Czasokres zapisu danych** - jeden miesiąc od 10.01.2022 (poniedziałek wieczorem) do 07.02.2022 (poniedziałek rano).
Tabela po prawej: stężenia PM10

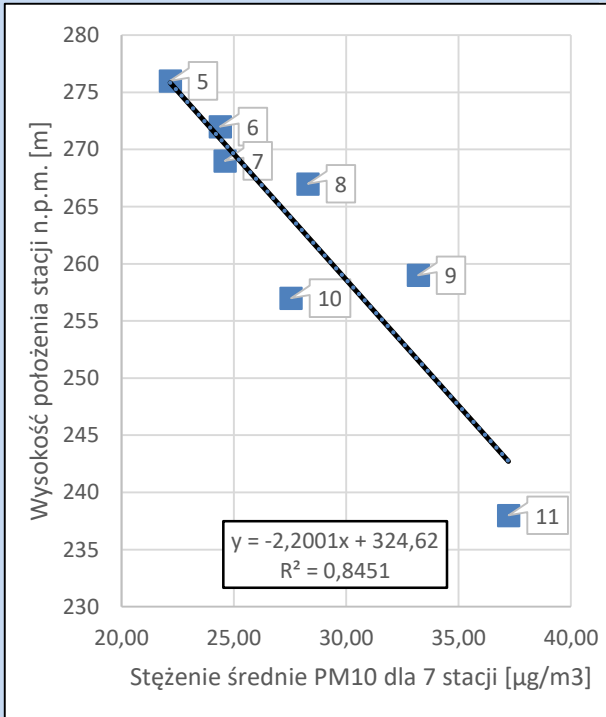
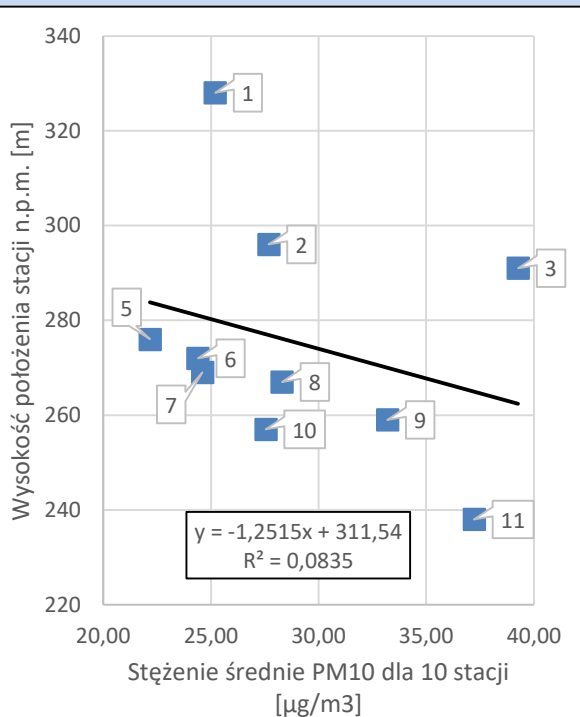
Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

6. Miejski monitoring zanieczyszczenia powietrza pyłami

6.4. Wyniki badań własnych stężenia pyłów PM10

Zależność pomiędzy wysokością pomiaru a średnim stężeniem PM10



Nr stacji	Adres stacji
1	Os. Na Stoku 98
2	ul. Władysława Orkana 32
3	ul. Dąbrówki 38
5	ul. Jagiellońska 32
6	ul. Szkolna 29
7	ul. Jagiellońska 90
8	ul. Jasna 20/22
9	ul. Malików 3
10	Skwer Szarych Szeregów
11	Al. Górników Staszycowskich 22A

Rys. 29 a, b

Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”

6. Miejski monitoring zanieczyszczenia powietrza pyłami

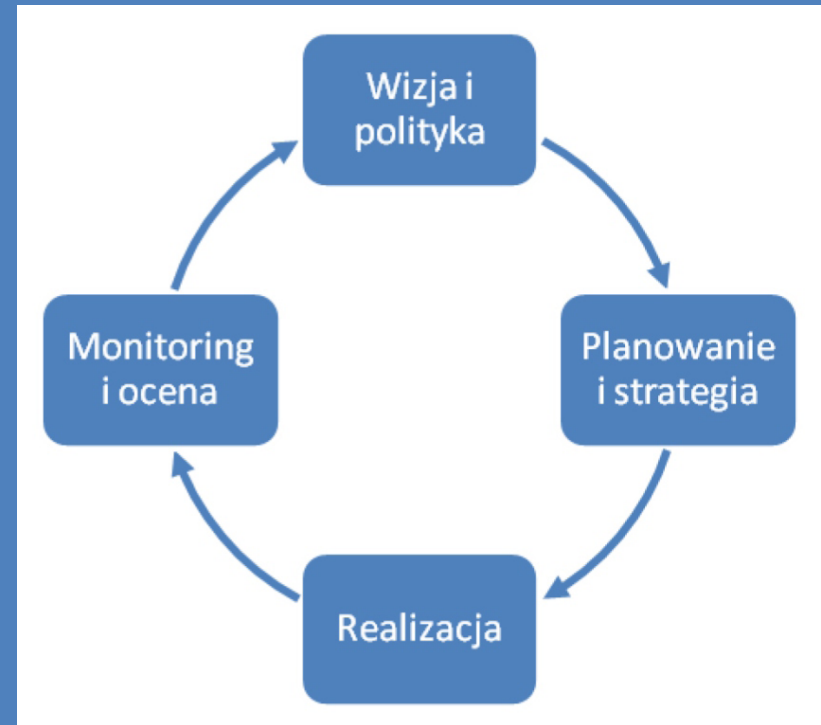
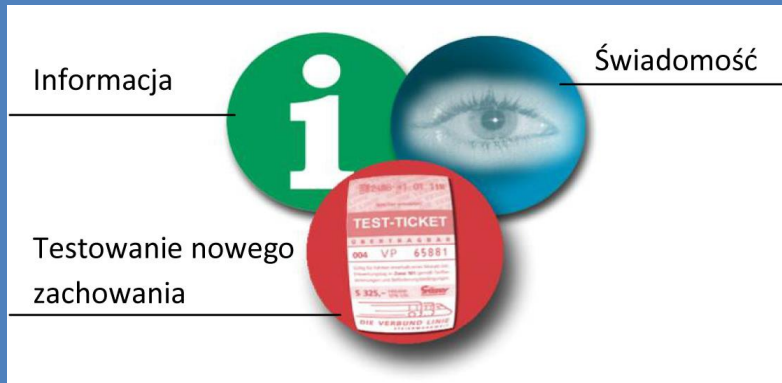
6.4. Wyniki badań własnych stężenia pyłów PM10

Wybrany wniosek końcowy

Zidentyfikowano duże zróżnicowanie wartości średniego stężenia pyłu zawieszonego PM10 dla stacji w zależności od geograficznego położenia stacji i rodzaju otoczenia. Ekstremalne wartości średniego stężenia wystąpiły na stacjach nr 5 i nr 3 (na ul. Jagiellońska 32 i na ul. Dąbrówki 38) o wartościach odpowiednio 22,17 i 39,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Szczegółową analizę danych i próbę wytłumaczenia zróżnicowania tych danych przedstawiono w raporcie w p. 4.2.1. *Przedstawione dane i modele dot. zależności średniego stężenia od wysokości stacji n.p.m. uzasadniają wagność i potrzebę dalszych badań opartych na monitoringu ciągłym, wykonywanym przez liczne stacje pomiarowe rozmieszczone na obszarze miasta w celu wyjaśnienia oddziaływań lokalnych.*

7. Uwagi końcowe - na co zwrócić uwagę tworząc system monitoringu środowiska



Konferencja „Zoom na Kielce”

Referat pt.: „Wykorzystanie danych miejskich w pracach naukowych i dydaktycznych w Politechnice Świętokrzyskiej”



Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology



www.tu.kielce.pl

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ
|
ŻYCZYMY SUKCESÓW W REALIZACJI NASTĘPNYCH PROJEKTÓW

Andrzej Bąkowski, Leszek Radziszewski, Zbigniew Skrobcki