

ANALIZA WPŁYWU KSZTAŁTU UKŁADU DROGOWO-ULICZNEGO MIASTA NA EMISJĘ ZANIECZYSZCZEŃ ODKOMUNIKACYJNYCH I HAŁASU PRZY USTALONYCH PARAMETRACH BRZEGOWYCH NA PRZYKŁADZIE ZABRZA

1. Wprowadzenie

Przemianom społeczno-gospodarczym zachodzącym w ostatnich latach w Polsce towarzyszy dynamiczny wzrost liczby pojazdów poruszających się po drogach naszego kraju. Według Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (PIOS) w roku 1996 liczba pojazdów wzrosła w porównaniu do sytuacji w roku 1990 o 30%, a w stosunku do 1980 r. podwoiła się. W przypadku samochodów osobowych, średnio w skali kraju, wskaźnik motoryzacji w Polsce wynosi 240.

Tak szybkemu rozwojowi motoryzacji nie towarzyszy niestety równie szybki rozwój sieci dróg. Zbyt słabe bodźce ekonomiczne i przestarzała infrastruktura transportu zbiorowego nie stanowią zachęcającej alternatywy dla użytkowników samochodów osobowych. Efektem tego jest wzrost emisji zanieczyszczeń komunikacyjnych głównie: tlenku węgla - CO, tlenków azotu - NO_x, węglowodorów - C_xH_y, związków ołowiu (Pb) i sadzy oraz podwyższenie poziomu hałasu.

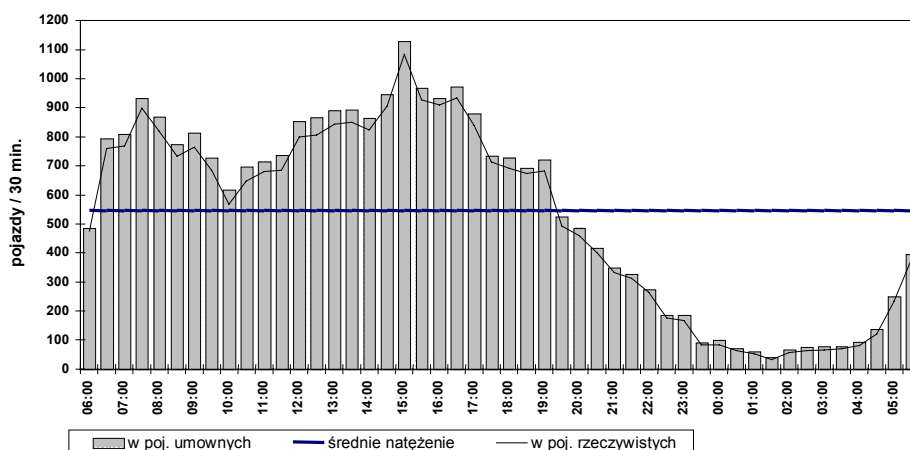
2. Zanieczyszczenia komunikacyjne na terenach zurbanizowanych.

Ze względu na zwiększającą się liczbę samochodów, a tym samym wielkość i charakter emisji z pojazdów, odsetek ludzi narażonych na szkodliwe oddziaływanie toksycznych składników spalin samochodowych jest ciągle bardzo duży. Utrzymujący się na świecie wysoki popyt na ofertę przemysłu motoryzacyjnego powoduje, że zanieczyszczenie powietrza w miastach powodowane przez pojazdy samochodowe stało się jednym z głównych i, jak dotąd, nierozwiązanych problemów. W coraz większym stopniu dotyczy to również Polski, mimo iż rejestrowane stężenia typowych zanieczyszczeń komunikacyjnych, takich jak tlenek węgla, są w naszych miastach ciągle niższe niż w dużych aglomeracjach europejskich.

Stopień obciążenia środowiska hałasem jest nierównomierny. Jednym z najbardziej obciążonych województw, ze względu na hałas komunikacyjny, jest województwo śląskie.

W aglomeracjach miejskich stężenie zanieczyszczeń w powietrzu ulega cyklicznym zmianom, związanym ze zmianą natężenia ruchu pojazdów, np. w ciągu doby.

Takie zjawisko obrazuje wykres wahań natężenia ruchu pojazdów w ciągu doby (rys.1), z 24-godzinnego pomiaru ruchu na Drogowej Trasie Średnicowej w Aglomeracji Katowickiej, który odbył się 25.10.2001 roku.



Rys.1. Wykres wahań natężenia ruchu w przekroju DTŚ w ciągu doby

3. Wykorzystanie GIS w analizach wpływu kształtu układu drogowo-ulicznego miasta na emisję zanieczyszczeń odkomunikacyjnych.

Przy opracowywaniu analizy wpływu kształtu układu drogowo-ulicznego miasta na emisję zanieczyszczeń odkomunikacyjnych i hałasu przy ustalonych parametrach brzegowych (kształt układu drogowo-ulicznego, potencjały ruchowe) na przykładzie Zabrze wykorzystano możliwości, jakie dają Systemy Informacji Geograficznej (GIS) w analizach porównawczych zagrożeń odkomunikacyjnych .

Ponieważ jako miasto modelowe wybrano Zabrze, powyższe założenie zostało zrealizowane przy maksymalnym wykorzystaniu danych GIS, będących w zasobach Urzędu Miejskiego w Zabrzu oraz danych wejściowych udostępnionych przez Przedsiębiorstwo Projektowo - Usługowe „INKOM” s.c. z Katowic.

Wykorzystanie GIS-u w opracowaniu danych wejściowych, służących m. in. do tworzenia modelu ruchu w mieście, pozwoliło na:

- operowanie rzeczywistością, osadzoną w prawidłowym układzie współrzędnych siecią drogowo-uliczną miasta o dowolnym stopniu komplikacji,
- dowolne kształtowanie rejonów komunikacyjnych,
- dowolną agregację danych,
- uzyskanie rzeczywistych rozkładów parametrów ruchowych na obszarze miasta,
- prezentację uzyskanych wyników analiz w układzie przestrzennym miasta z dowolnym kształtowaniem ich formy graficznej.

Wszystkie przeprowadzone analizy miały na celu sprawdzenie jak zmiany kształtu układu drogowo-ulicznego Zabrze (rys.2) wpłyną na emisję zanieczyszczeń odkomunikacyjnych i hałasu.

Założono dwa horyzonty czasowe - rok 2015 i 2020.

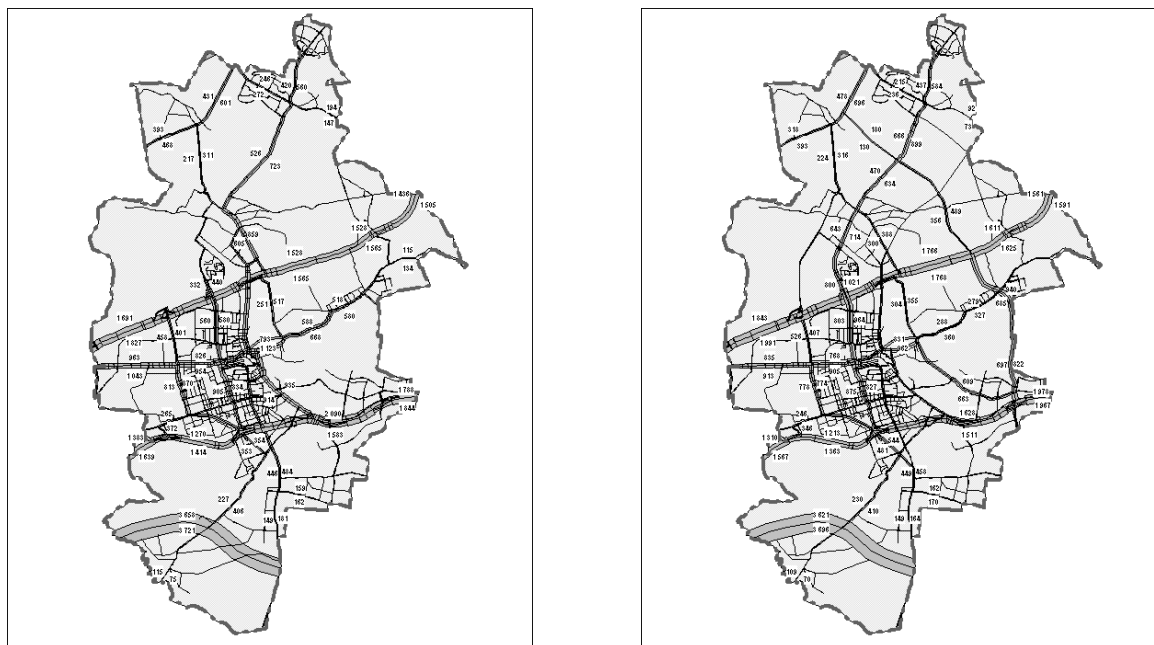


Rys.2. Rozwój sieci drogowo-ulicznej – etap 2015 i 2020

Przeprowadzenie analiz porównawczych, które dotyczyły wyżej wymienionych założeń, poprzedzone zostało:

- geokodowaniem baz danych: PESEL, POJAZDY
- geokodowaniem danych o zatrudnieniu,
- opracowaniem podziału obszaru miasta na rejony komunikacyjne,
- opracowaniem sieci drogowo-ulicznej miasta objętej symulacjami ruchowymi,
- analizami danych ruchowych dla miasta i jego stref oddziaływania,
- przeprowadzeniem badań zachowań komunikacyjnych mieszkańców wraz z opracowaniem bazy danych współpracującej z GIS (*MapInfo*),
- opracowaniem modelu ruchu dla stanu istniejącego miasta Zabrze,

- opracowaniem symulacji ruchowych na sieci drogowo-ulicznej miasta dla horyzontu czasowego 2015 i 2020 (rys.3) .



Rys.3. Prognozy ruchu dla godziny szczytu popołudniowego – 2015 r. i 2020 r.

4. Obliczenia i analizy

Przygotowane w ten sposób wariantowe symulacje ruchowe na pełnej sieci drogowo-ulicznej miasta posłużyły następnie do:

- adaptacji algorytmów, opracowanych przez [1], do obliczeń zanieczyszczeń odkomunikacyjnych i hałasu dla układu przestrzennego,
- obliczenia tych emisji dla całej sieci drogowo-ulicznej miasta Zabrze z rozbiciem na poszczególne odcinki,
- zintegrowania bazy danych GIS obejmującej parametry ruchowe, dane demograficzne oraz emisję spalin i hałasu dla miasta,
- analiz przestrzennych emisji zanieczyszczeń odkomunikacyjnych,
- wizualizacji emisji zanieczyszczeń odkomunikacyjnych i hałasu.

4.1. Czynniki drogowo-ruchowe wpływające na wielkość emisji

Dane dotyczące emisji zanieczyszczeń odkomunikacyjnych i hałasu obliczane były według [1], a uwzględniały takie podstawowe czynniki wpływające na wielkość emisji jak:

- natężenie ruchu pojazdów,
- strukturę rodzajową pojazdów w potoku ruchu
- długości poszczególnych odcinków sieci,
- prędkość ruchu,
- parametry techniczne sieci,
- typ drogi i obszaru, w którym położony jest odcinek.

4.2 Obliczane emisje zanieczyszczeń

W zakres opracowanej metody weszły obliczenia następujących oddziaływań:

- dwutlenku siarki SO_2 ,
- tlenków azotu NO_x ,
- tlenku węgla CO ,
- węglowodorów C_xH_y ,
- ołowiu Pb
- hałasu komunikacyjnego.

Obliczanie emisji szkodliwych substancji (SO_2 , NO_x , CO , C_xH_y , Pb), odbywało się przy pomocy wskaźników określających emisję w $[\text{g}/\text{kg}]$ zużytego paliwa, zgodnie z [1]. W większości przypadków wskaźniki te zależą od typu silnika, prędkości jazdy i spadku (pochylenia) niwelety.

Suma emisji substancji szkodliwych dla odcinka, wybranej grupy odcinków lub całej sieci, daje wygodny syntetyczny wskaźnik umożliwiający porównania wariantów rozwiązań komunikacyjnych pod względem szkodliwości dla otoczenia.

Natomiast poziomy dźwięku, liczone na poszczególnych odcinkach sieci nie mogą być sumowane wprost, ze względu na charakter zależności hałasu od ruchu.

Przyjęto założenie, że postępując analogicznie jak w przypadku emisji spalin można pokusić się o zdefiniowanie wskaźników emisji hałasu dla poszczególnych typów pojazdów. Powinny mieć one wymiar energii na jednostkę długości $[\text{J}/\text{km}]$. W ten sposób będzie możliwe obliczenie emisji hałasu, odzwierciedlającej energię akustyczną wyemitowaną na odcinku przez przejeżdżające pojazdy. Wielkość ta ma wymiar energii $[\text{J}]$, a więc może być sumowana, co jest wygodne przy porównywaniu wariantów rozwiązań komunikacyjnych.

W pracy nie analizowano sprawy poprawności i aktualności algorytmów służących do obliczeń ilościowych poszczególnych emisji, wychodząc z założenia, iż nie ma to większego wpływu na jakość analizy, w której dokonuje się wartościowania na zasadzie: więcej – mniej,

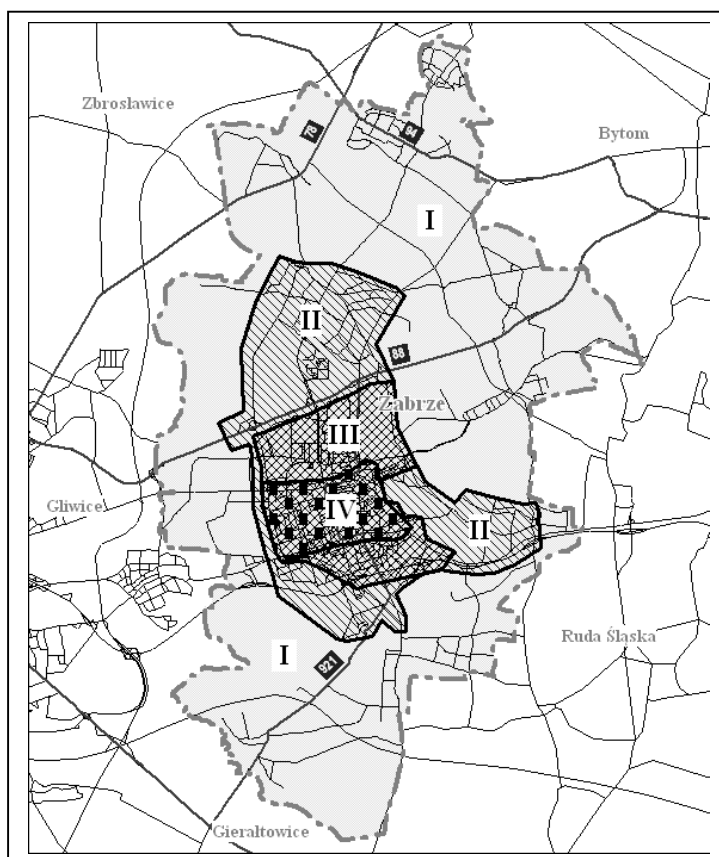
lepiej – gorzej. Przyjęty sposób realizacji obliczeń pozwala, bowiem na dokonanie dowolnych zmian w tym zakresie (wymiana algorytmów obliczenia emisji zagrożeń).

Korzystając z danych ruchowych uzyskanych w wyniku przeprowadzonych symulacji komputerowych dla dwóch horyzontów czasowych, wykonano obliczenia emisji spalin i hałasu dla wszystkich odcinków sieci drogowo-ulicznej z zachowaniem ich kierunkowości.

5. Wizualizacja wyników obliczeń i analiz

Uzyskane dane zostały przyporządkowane poprzez identyfikator do poszczególnych odcinków sieci, dla których z kolei wygenerowano uproszczone obiekty graficzne w postaci buforów. Ich waloryzacja kolorem (zależnym od wartości analizowanego parametru) umożliwia przeprowadzenie wizualnej analizy rozkładu przestrzennego danej zmiennej.

Dodatkowo, wykorzystując podobne podejście, wykonano obliczenia sumarycznych emisji zanieczyszczeń oraz wskaźników komunikacyjnych (tabela 1), dla miasta jako całości i stref obejmujących w różnym układzie centrum miasta (rys.4).



Rys.4. Podział miasta na strefy (I – IV)

Tabela 1.

Zestawienie zbiorcze parametrów ruchowych oraz emisji spalin dla miasta jako całości (I) oraz wydzielonych stref (II, III, IV)

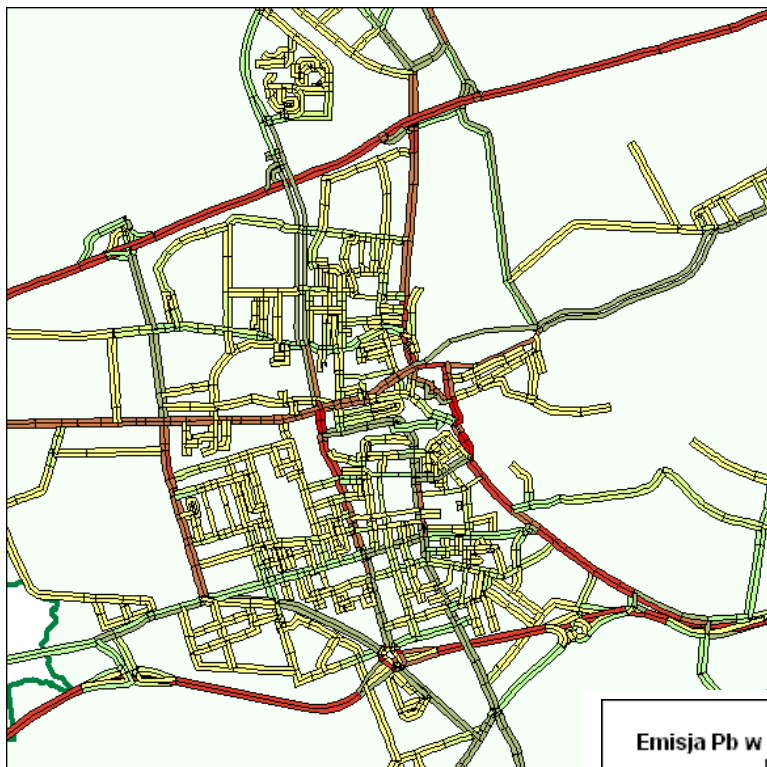
STREFA	PARAMETRY RUCHOWE				EMISJE					
	Ilość podróży	Czas [min]	Odległość [km]	Prędkość [km/h]	SO ₂ [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	C _x H _y [kg]	Pb [kg]	hałas [kJ]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P R O G N O Z A 2 0 1 5										
I	23 398	5,73	5,44	57,00	32,174	477,165	2 647,288	428,141	0,303	295,128
II	20 045	4,52	3,87	51,40	16,147	224,250	1 388,561	227,405	0,158	130,985
III	15 773	3,40	2,48	43,65	8,524	109,018	754,520	124,652	0,087	58,870
IV	11 059	2,46	1,55	37,85	3,989	47,291	359,090	59,732	0,042	23,548
P R O G N O Z A 2 0 2 0										
I	<i>23 669*</i>	<u>5,26</u>	<i>5,60</i>	<i>63,92</i>	<i>32,540</i>	<i>502,675</i>	<u>2 624,744</u>	<u>421,428</u>	<u>0,299</u>	<i>320,620</i>
II	<i>20 874</i>	<u>3,56</u>	<u>3,56</u>	<i>59,97</i>	<u>14,874</u>	<u>220,628</u>	<u>1 225,240</u>	<u>199,155</u>	<u>0,138</u>	<i>136,617</i>
III	<u>14 904</u>	<u>2,56</u>	<u>2,19</u>	<i>51,41</i>	<u>6,831</u>	<u>93,953</u>	<u>572,741</u>	<u>94,161</u>	<u>0,065</u>	<u>54,945</u>
IV	<u>9 924</u>	<u>1,83</u>	<u>1,37</u>	<i>45,10</i>	<u>3,012</u>	<u>38,346</u>	<u>252,414</u>	<u>41,964</u>	<u>0,029</u>	<u>21,053</u>

* - Wartości napisane kursywą oznaczają wzrost parametru, z podkreśleniem – spadek wartości parametru

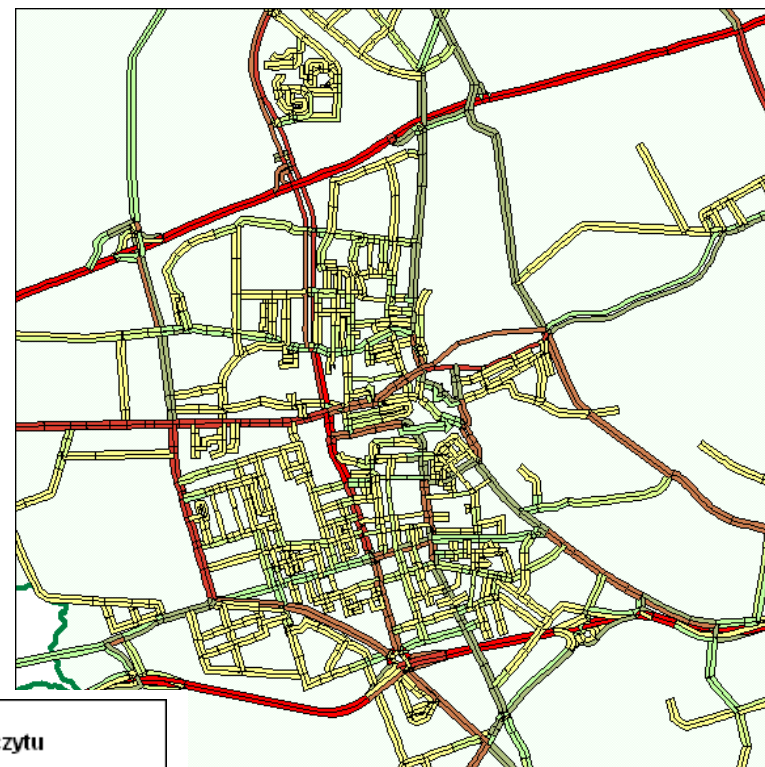
Wykorzystując możliwości analityczne oprogramowania GIS-owego *MapInfo Professional 6.0* i przygotowane bazy danych dotyczące emisji spalin i hałasu, zwizualizowano emisję zanieczyszczeń dla obu horyzontów czasowych - 2015 i 2020 - (rys.5).

Przeprowadzono następnie analizy przestrzenne zmian emisji omawianych wcześniej zanieczyszczeń, na sieci drogowo-ulicznej miasta, pomiędzy latami 2015 i 2020. Rys.6 jest wizualizacją takich zmian (wzrost / spadek) na przykładzie emisji ołowiu (Pb).

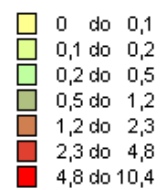
PROGNOZA 2015



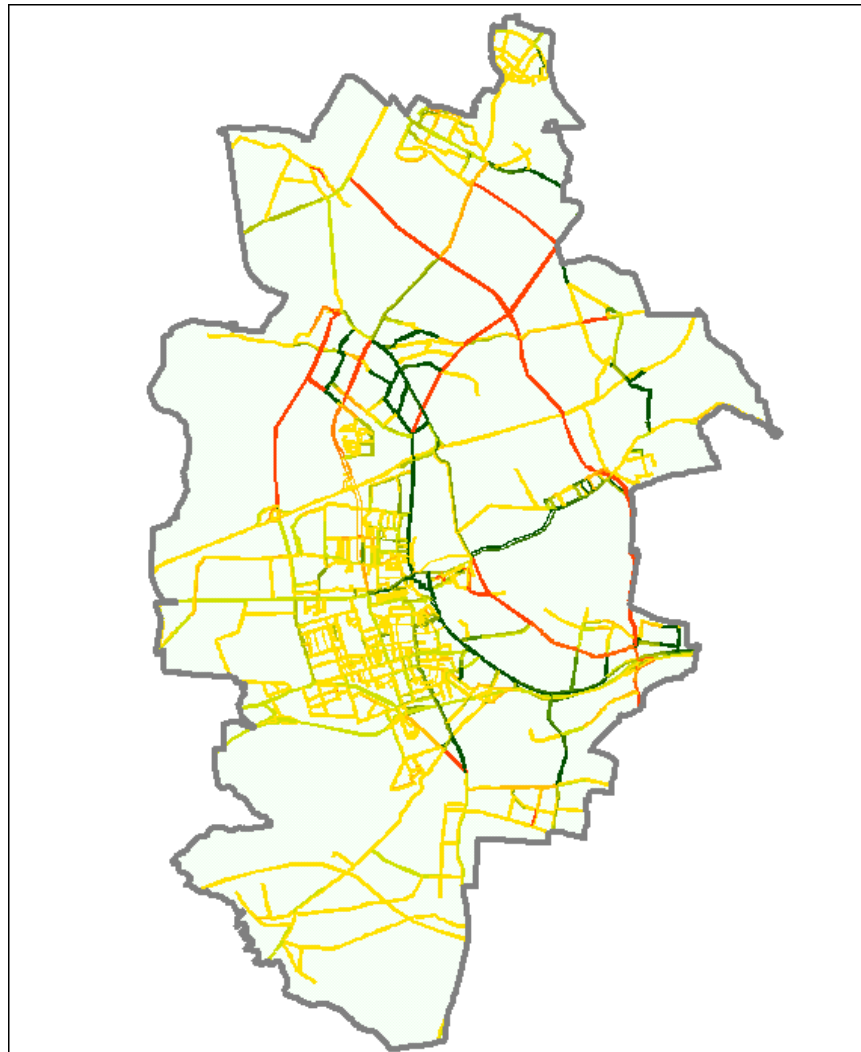
PROGNOZA 2020



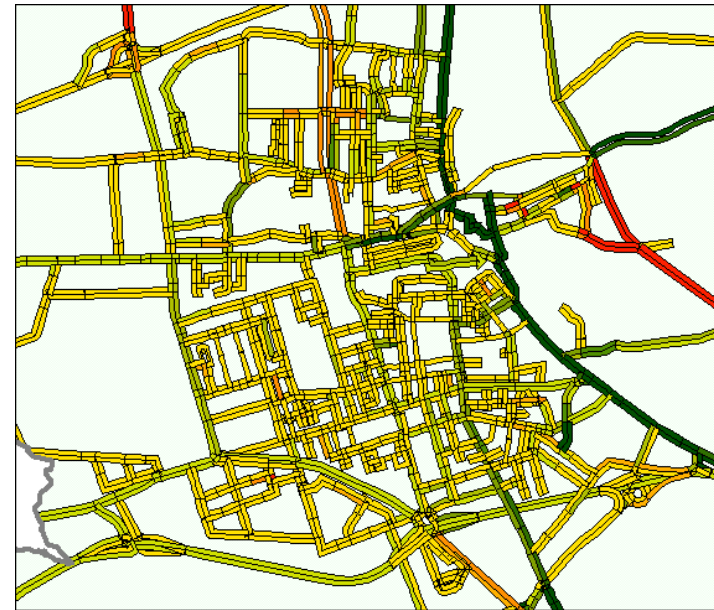
Emisja Pb w godzinie szczytu
[g/km]



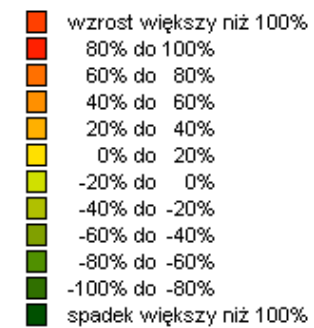
Rys.5. Wizualizacja emisji zanieczyszczeń dla strefy centralnej miasta na przykładzie emisji Pb



Strefa centralna miasta



Wzrost / spadek emisji Pb



Rys.6. Wizualizacja zmian emisji zanieczyszczeń na przykładzie emisji Pb

6. Wnioski dotyczące wpływu kształtu układu drogowo-ulicznego miasta na emisję zanieczyszczeń

Sprawdzenie tej metody na przykładzie miasta Zabrze pozwoliło ocenić, jaki wpływ na emisję zanieczyszczeń i hałasu będzie miał kształt układu drogowo-ulicznego miasta w roku 2015 i 2020.

Okazało się, że przyjęty wariant rozwoju układu drogowo-ulicznego miasta w wyraźny sposób chroni od wpływów komunikacyjnych strefę centralną miasta.

Dla przyjętych zmian w sieci drogowo-ulicznej miasta w latach 2015 i 2020 wykazano dla stref centralnych miasta (III, IV), wyraźną poprawę parametrów ruchowych, takich jak: spadek liczby podróży, skrócenie czasu przejazdu oraz skrócenie odległości przy jednoczesnym wzroście prędkości podróżowania. Implikuje to spadkiem, w tych strefach, emisji zanieczyszczeń SO_2 , NO_x , CO , C_xH_y , Pb i hałasu.

Zaobserwowano również, z uwagi na ogólnie poprawiony parametr prędkości, sumaryczny wzrost emisji hałasu. Jednak wzrost ten następuje dla obszaru miasta jako całości (strefa I) oraz strefy II, które charakteryzują się niższym stopniem zainwestowania i gęstości zaludnienia.

7. Podsumowanie

Wykonana praca wykazała przydatność zaproponowanej metody do przeprowadzenia analiz porównawczych przestrzennej emisji zanieczyszczeń odkomunikacyjnych.

Zastosowanie w pracy GIS-ów oraz analiza baz danych o ruchu, ludności, sieci drogowo-ulicznej pozwoliły na uzyskanie całościowego obrazu zachodzących procesów z ich rozkładem przestrzennym.

Szybkość przetwarzania danych oraz wbudowane w system narzędzia służące do analiz ilościowych, statystycznych i przestrzennych w znakomity sposób ułatwiają zrozumienie zależności, istniejących pomiędzy kształtem sieci drogowo-ulicznej, ruchem, a emisją zanieczyszczeń będących ich funkcją.

Literatura:

- [1] Instrukcja: „Obliczanie oddziaływań ruchu ulicznego na środowisko miejskie” – temat opracowany w ramach PB 9, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej Oddział w Krakowie – Kraków, czerwiec 1993.
- [2] BARYŻEWSKA K., MAZURKIEWICZ M.: „Analiza wpływu kształtu układu drogowo-ulicznego miasta na emisję zanieczyszczeń odkomunikacyjnych i hałasu przy ustalonych parametrach brzegowych na przykładzie Zabrze”, praca dyplomowa. Politechnika Opolska, Opole 2002.