

SPOSOBY OGRANICZANIA EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ
POCHODZĄCYCH Z TRANSPORTU DROGOWEGO NA
PRZYKŁADZIE AGLOMERACJI KRAKOWSKIEJ**Ewelina Bączek¹, Paulina Bździuch²**¹II stopień, 1 semestr, AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
e-mail: elina.baczek@gmail.com² II stopień, 1 semestr, AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
e-mail: paulinabzdziuch@gmail.com**Promotor:** *dr inż.* Marek Bogacki**1 WPROWADZENIE**

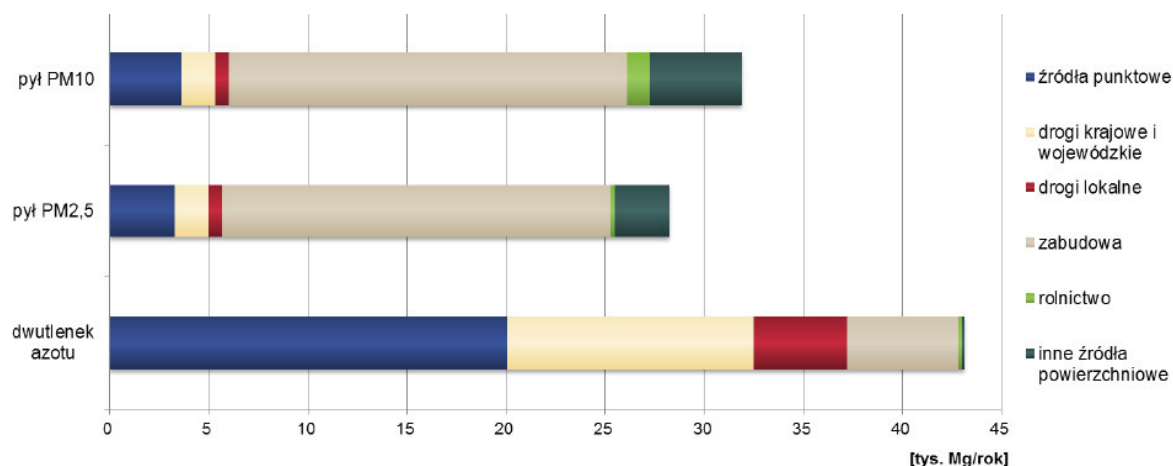
Transport drogowy jest obok energetyki, przemysłu i sektora komunalno-bytowego najbardziej znaczącym źródłem zanieczyszczeń powietrza. Emisja zanieczyszczeń pyłowo-gazowych z pojazdów samochodowych pochodzi przede wszystkim ze spalania paliw w silnikach pojazdów oraz ze ścierania opon, okładzin hamulcowych, tarczy sprzęgła i nawierzchni drogi, jak również z parowania płynów eksploatacyjnych. Do atmosfery emitowane są głównie tlenki azotu (NO_x), tlenek węgla (CO), dwutlenek węgla (CO_2), niemetanowe lotne związki organiczne (NMLZO) oraz zanieczyszczenia pyłowe (sadza, metale takie jak: kadm, cynk, ołów, platyna, antymon itp.). Ilość i rodzaj emitowanych do powietrza substancji zależą głównie od typu silnika, jego stanu technicznego, zastosowanego paliwa, parametrów cieplnych silnika i reduktora katalicznego jak również sposobu użytkowania pojazdu [2].

W Tabeli 1 przedstawiono procentowy udział emisji zanieczyszczeń do powietrza w krajach UE oraz w Polsce, za którą odpowiedzialny był sektor transportu drogowego w latach 2013-2014, według danych Europejskiej Agencji Środowiska [7]. Trendy długoterminowe wskazują, że w okresie 1990-2011 nastąpiło w krajach UE zmniejszenie emisji do powietrza wymienionych związków, jednak w Polsce, zwłaszcza w dużych miastach takich jak Kraków sytuacja jest odwrotna – wciąż wzrastają stężenia NO_x , NMLZO oraz PM. Wzmożony transport drogowy w miastach oraz fakt, że flota pojazdów poruszających się po polskich drogach jest stara (średni wiek samochodów to od 11 do 15 lat) mają bezpośredni wpływ na zwiększoną emisję zanieczyszczeń do powietrza [3].

Tablica 1: Procentowy udział emisji zanieczyszczeń do powietrza z sektora transportu drogowego w latach 2013-2014 w Polsce i Unii Europejskiej [7]

Zanieczyszczenie	POLSKA [%]	UE [%]
NO_x	33	40
NMLZO	23	14
$\text{PM}_{2,5}$	17	16

Przedstawiona na Rys. 1 struktura emisji zanieczyszczeń do powietrza w województwie małopolskim pyłu PM₁₀, PM_{2,5} oraz NO₂ według rodzajów źródeł wskazuje na znaczny udział transportu drogowego w emisji NO₂. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, który prowadzi w Aglomeracji Krakowskiej ciągły monitoring jakości powietrza podaje, że w odniesieniu do kryteriów ustanowionych w celu ochrony zdrowia stwierdzone zostały ponadnormatywne stężenia w powietrzu takich substancji jak: NO₂, pył zawieszony PM₁₀, benzo(a)piren w pyłe PM₁₀, pył zawieszony PM_{2,5}. W przypadku stężeń średniorocznych NO₂ na obszarze przekroczeń poziomu dopuszczalnego przeważa wpływ ze źródeł komunikacyjnych. W związku z powyższym ważne jest aby podejmować różne działania z zakresu technicznych usprawnień pojazdów, rozwiązań planistycznych, projektowych i organizacji ruchu, służące zmniejszeniu jednostkowego zużycia energii w transporcie [14].



Rysunek 1: Wielkość emisji pyłu PM₁₀, PM_{2,5} i NO₂ w podziale na rodzaje źródeł w województwie małopolskim w 2011 r. [14]

2 SPOSOBY OGRANICZANIA EMISJI Z TRANSPORTU DROGOWEGO

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza z transportu drogowego można realizować w skali regionalnej i lokalnej poprzez:

- stwarzanie warunków do płynnej jazdy z optymalną prędkością: zużycie paliwa i emisje NMLZO, CO, NO_x są najmniejsze przy prędkości około 70-80 km/h,
- zwiększanie płynności jazdy w miastach przy niskich prędkościach podróży,
- ograniczanie wielkości ruchu w miastach przez opłaty, zakazy i inne restrykcje dla wszystkich lub niektórych użytkowników oraz przez dobrą informację o systemie transportowym,
- czasowe i obszarowe ograniczanie ruchu najbardziej uciążliwych pojazdów oraz zmniejszenie natężenia ruchu przez jego uspokojenie,
- priorytety dla środków transportu zbiorowego (autobus, tramwaj, kolej), popieranie: systemu „park and ride”, ruchu rowerowego i pieszego,
- promowanie wymiany parku samochodowego na bardziej nowoczesny,
- popularyzowanie zasad jazdy przy najmniejszym zużyciu energii i emisji zanieczyszczeń [1].

2.1 Promowanie miejskich środków transportu drogowego

Władze miasta Krakowa w celu ograniczenia emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych do powietrza z sektora transportowego zamierza wprowadzić ograniczenie ruchu samochodów osobowych w centrum miasta. Władze dążą w ten sposób do promowania wśród mieszkańców środków transportu publicznego, który jest wydajniejszy ekonomicznie i ekologicznie. Pojemność pojazdów komunikacji zbiorowej jest wielokrotnie większa niż samochodów osobowych (w Polsce napełnienie samochodów osobowych wynosi $1,20 \div 1,40$, podczas gdy w autobusach mieści się $50 \div 80$ razy więcej osób). Zużycie paliwa na jednego pasażera autobusu jest 8-krotnie niższe niż w przypadku transportu samochodem osobowym [2,10].

Aby komunikacja publiczna stała się powszechna wśród mieszkańców miasta, władze Krakowa podejmują szereg czynności w celu jej uatrakcyjnienia. Przykładem tego typu działań jest powstanie na drogach o więcej niż jednym pasie ruchu wydzielonych pasów (najczęściej przykrawężnikowych) przeznaczonych wyłącznie dla autobusów, dzięki czemu komunikacja zbiorowa ma możliwość ominięcia ulicznych korków i tym samym skrócenia czasu podróży oraz uniknięcia utrudnień w ruchu na pasie przykrawężnikowym powodowanych przez parkujące pojazdy, taksówki i inne pojazdy oraz możliwość naturalnego podjazdu do przystanków. Koszty transportu są również korzystne, pasażerowie mogą wybierać odpowiednie dla siebie taryfy i ceny biletów (bilety jednorazowe, dwukrotnego przejazdu tam i z powrotem, bilety dzienne, okresowe itd.). W Krakowie jeden bilet upoważnia do korzystania z kilku rodzajów transportu miejskiego [2, 12].

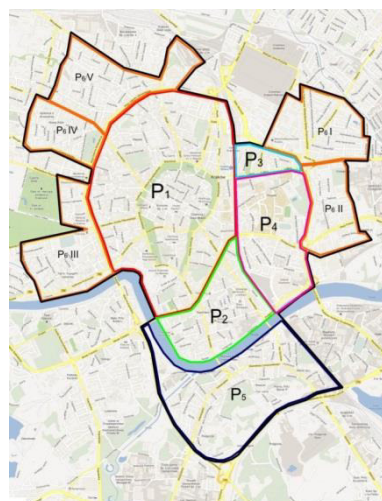
2.2 Miejsca parkingowe

W centrum każdego większego czy mniejszego miasta występuje duży deficyt miejsc parkingowych. Dla stale rosnącej liczby samochodów już nie wystarczają ciągle powstające nowe ulice i parkingi, samochody parkują na poboczach ulic, chodnikach i co więcej zajmują coraz to większe tereny zieleni miejskiej. Jeżeli spojrzeć na miejsca parkingowe jako na darmowy produkt dostępny dla każdego, to każdy może zrozumieć dlaczego popyt znacznie przewyższa podaż. Stosowane są dwie podstawowe metody organizacji parkowania: ograniczenia czasu postoju oraz pobieranie opłat. Ograniczenie czasu postoju ma na celu zwiększenie rotacji natomiast pobieranie opłat ma dodatkowo na celu zmniejszenie popytu na parkingi, ograniczenie dojazdów do pracy i zajmowania, w najbardziej atrakcyjnych rejonach, miejsc parkingowych; zwolnione zostają miejsca dla krótkotrwałego parkowania. Wprowadzenie opłat skłania ludzi do częstszego korzystania z alternatywnych środków transportu (komunikacja miejska czy rower), a tworzenie stref płatnego parkowania przyczynia się do upłynnienia ruchu, jazda staje się bardziej ekonomiczna.

Stworzenie w Krakowie strefy płatnego parkowania oraz późniejsze jej poszerzenie w roku 2011 (Rys. 2) oraz 2014 (Rys. 3) zwiększyło efektywność korzystania z miejsc parkingowych w tym obszarze, głównie poprzez wymuszenie skrócenia czasu parkowania, a tym samym zwiększenie rotacji parkowania. Wprowadzenie opłat zwiększyło rotację o ok. 20 % [10].



Rysunek 2: Strefa płatnego parkowania w Krakowie – stan na 2011 rok [8]



Rysunek 3: Strefa płatnego parkowania w Krakowie – stan na 2014 rok [5]

2.3 Strefy Tempo 30

Strefy Tempo 30 to obszary miast gdzie prędkość została ograniczona do 30 km/h. Przy takiej prędkości styl jazdy jest mniej agresywny, zmniejsza się liczba zmian biegów i maleje udział hamowań i przyspieszeń, co pozwala zaoszczędzić paliwo. Ruch odbywa się płynniej, maleje liczba korków.

Ponieważ utworzenie stref Tempo 30 jest uzupełnieniem sieci dróg rowerowych (dba o bezpieczeństwo osób korzystających ze środka transportu jakim jest rower), ściśle centrum Krakowa zostało objęte tą strefą. Pozwala to na promowanie wśród mieszkańców bezpiecznej podróży rowerem.

2.4 Rower jako środek transportu

Ważnym krokiem władz miast jest dążenie do rozbudowy odpowiedniej infrastruktury komunikacji rowerowej. Komunikacja rowerowa to alternatywna forma poruszania się na bliskie odległości w dużych aglomeracjach miejskich. Taki rodzaj komunikacji zmniejsza zatory w ulicznym ruchu samochodowym oraz ogranicza emisję spalin.

Aby komunikacja rowerowa funkcjonowała sprawnie potrzeba odpowiedniej ilości wydzielonej przestrzeni tj. drogę dla rowerów, ścieżkę rowerową lub trasę rowerową. Niewątpliwie dużym udogodnieniem dla rowerzystów jest stworzenie dwukierunkowych dróg rowerowych. Sieć dróg rowerowych powinna być właściwie zorganizowana. Powinna łączyć ważne i często uczęszczane rejony miasta. Odpowiednie nawierzchnie dróg rowerowych (asfalt lub tartan) zachęcają do ich wykorzystania. Ważne jest stworzenie udogodnień dla rowerzystów w postaci parkingów rowerowych, bram rowerowych (specjalnych strefy jezdni, gdzie rowerzyści przed samochodami mogą czekać na zielone światło), zainstalowania na ulicach przyrządów do pompowania dętek rowerowych, samoobsługowych wypożyczalni rowerowych (tzw. Bike-sharing).

System rowerowy Krakowa to:

- ulice uspokojonego ruchu (Tempo 30, strefa zamieszkania) z progami spowalniającymi, skrzyżowania z małymi rondami przyjaznymi dla rowerzystów,
- kontrapasy rowerowe (w 2011 roku miasto posiadało takie udogodnienia na 13 ulicach) [15],
- wydzielone drogi rowerowe o dużej prędkości projektowej, łatwo dostępne z jezdni ulic,

- stojaki i przechowalnie rowerowe (w roku 2012 w Krakowie znajdowało się 225 stojaków rowerowych) [6],

Władze Krakowa podpisały, razem z wieloma innymi europejskimi miastami, "Kartę Brukselską", deklarując do 2020 roku zwiększenie udziału ruchu rowerowego w podróżach miejskich do 15 %.

2.5 Parkingi Park&Ride

Idea Park&Ride ma na celu zachęcenie ludzi do pozostawiania swoich samochodów na specjalnie przeznaczonych do tego celu parkingach i dalszej kontynuacji podróży komunikacją zbiorową. Obecnie w Krakowie funkcjonują dwa parkingi „Parkuj i Jedź”: Czerwone Maki (Rys. 4) oraz Giełda Balicka (Rys. 5).



Rysunek 4: Parking Park&Ride zlokalizowany przy pętli autobusowej „Czerwone Maki” [4]



Rysunek 5: Parking Park&Ride „Giełda Balicka” [4]

2.6 Systemy inteligentnych skrzyżowań

System sterowania ruchem jest to najwyższy punkt zaawansowania jeśli chodzi o sygnalizację świetlną, dający wiele możliwości w tym ciągły nadzór nad nimi oraz zastosowanie rozwiązań optymalizacyjnych (lokalnych i centralnych). Optymalizacja systemowa umożliwia lepsze dostosowanie sygnalizacji do realnych warunków ruchu na podstawie danych o natężeniach ruchu, prędkości pojazdów oraz występowania kolejki samochodów. Dane te są zbierane z pętli indukcyjnych umieszczonych w pewnych odległościach od linii zatrzymania przed skrzyżowaniem (na wlocie), jak i za nim (na wylocie). Tylko w tym przypadku można uzyskać pełną informację o strukturze kierunkowej ruchu potrzebną do oceny sytuacji na drodze.

W Krakowie w ramach wdrożenia systemu sterowania ruchem został dostarczony system optymalizacji sieciowej MOTION, który na podstawie zebranych informacji o ruchu, na bieżąco optymalizuje programy sygnalizacji, które są obliczane automatycznie co pewien interwał. Dostosowany jest sposób sterowania, długość sygnału zielonego dla poszczególnych kierunków i koordynacja z sąsiednimi skrzyżowaniami.

Systemy te służą upłynnieniu ruchu. Jeżeli jeden z pasów pozostaje pusty to nadawany jest dla niego sygnał czerwony, co pozwala na wydłużenie sygnału zielonego dla innych kierunków. Dzięki temu można ograniczyć korki na najruchliwszych pasach nie blokując innych kierunków, ograniczyć liczbę zatrzymań na trasie oraz skrócić czas przejazdu.

Przeprowadzone w Krakowie pomiary na kilku głównych ulicach (Aleja Trzech Wieszczów) pokazują korzyści płynące z zastosowania Inteligentnych Systemów Transportowych (IST) m.in.: zmniejszenie średniego czasu przejazdu (średnio o 60 %)

i ograniczenie liczby zatrzymań (o 51 %). Dodatkowym atutem zastosowania IST jest poprawa jakości środowiska naturalnego (redukcja emisji spalin o 30-50 %) [9, 12, 13, 16].

2.7 Modernizacja transportu publicznego

Wymiana autobusów komunikacji miejskiej na nowe energooszczędne i o niskiej emisji spalin jest kolejnym ważnym działaniem przyczyniającym się do ograniczenia emisji zanieczyszczeń powietrza. Przedsiębiorstwo MPK S.A. w Krakowie odpowiedzialne za transport zbiorowy w Aglomeracji Krakowskiej realizuje działania inwestycyjne mające na celu poprawę jakości transportu publicznego w Krakowie, tak aby był on przyjazny zarówno dla pasażerów jak i dla środowiska. W trosce o środowisko Spółka realizuje szereg działań polegających na wymianie taboru autobusowego na bardziej ekologiczny, która polega na zastąpieniu pojazdów starszej generacji autobusami o najwyższych parametrach emisji spalin tzn. Euro 6 i EEV (wymogi zawarte w przedziale wymogów między normami Euro 5 i Euro 6). Widocznym efektem tych działań powinno być zmniejszenie emisji spalin oraz dwutlenku węgla. W Tablicach 2 i 3 przedstawiono zmiany dopuszczalnych wartości emisji spalin w poszczególnych normach EURO dla pojazdów z silnikiem benzynowym i wysokoprężnym.

Tablica 2: Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach EURO dla pojazdów z silnikiem benzynowym [7]

[g/km]	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6
CO	2,72	2,2	2,3	1	1	1
HC	-	-	0,2	0,1	0,1	0,1
NO _x	-	-	0,15	0,08	0,06	0,06
HC+NO _x	0,97	0,5	-	-	-	-
PM	-	-	-	-	0,005	0,005

Tablica 3: Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach EURO dla pojazdów z silnikiem wysokoprężnym [7]

[g/km]	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6
CO	3,16	1	0,64	0,5	0,5	0,5
HC	-	0,15	0,06	0,05	0,05	0,09
NO _x	-	0,55	0,5	0,25	0,18	0,08
HC+NO _x	1,13	0,7	0,56	0,3	0,23	0,17
PM	0,14	0,08	0,05	0,009	0,005	0,005

Do jednych z najbardziej znanych i najliczniejszych autobusów w Europie należą autobusy firmy MERCEDES O 530G CITARO. Pierwsze pojazdy tego typu z silnikiem EURO 5 zostały dostarczone do Krakowa w listopadzie 2008 roku. Zakupiono wówczas 10 sztuk, a kolejne 12 zostało wprowadzone do ruchu w październiku i listopadzie 2009 roku. Autobusy te posiadają automatyczne skrzynie biegów ZF 6-cio biegowe. Podobnie jak w Solarisach silniki autobusów umieszczone zostały pionowo, podłużnie w specjalnej szafie z tyłu po lewej stronie.

Od marca 2014 roku po ulicach Krakowa kursuje pięć nowoczesnych autobusów z silnikiem spełniającym najwyższe europejskiej normy związane z ochroną środowiska - Euro 6, a do końca roku liczba przyjaznych dla środowiska autobusów wzrosła do 37. Kraków to pierwsze duże miasto w Polsce, do którego została dostarczona tak duża partia autobusów z silnikiem Euro 6. Nowe pojazdy w porównaniu z najstarszymi posiadanymi przez MPK S.A.

autobusami z silnikiem Euro 1, emitują o 95 % mniej tlenków azotu i o 97 % mniej cząstek stałych.

Od czerwca 2014 roku na terenie Krakowa kursuje regularna linia autobusowa, którą obsługują cztery autobusy elektryczne, w tym dwa autobusy firmy Rampini wyposażone w pantografy zamontowane na dachach, które aby naładować baterie, nie muszą zjeżdżać do zajezdni, gdyż mogą to zrobić na specjalnie przygotowanej stacji ładowania znajdującej się na początku trasy. Po podniesieniu pantografów baterie ładowane są energią pobieraną z sieci trakcyjnej. Ładowanie baterii takich autobusów jest bardzo efektywne, gdyż na ich podładowanie wystarczy zaledwie kilka minut. Ten sposób uzupełnienia baterii sprawia, że autobusy elektryczne mogą być doładowywane między jednym kursem a drugim. Jest to pierwsze tego rodzaju rozwiązanie ładowania autobusów elektrycznych zastosowane w Polsce. Pozostałe dwa autobusy elektryczne są ładowane po zjeździe na zajezdnię przy użyciu specjalnej wtyczki, a ładowanie ich baterii zajmuje niekiedy nawet osiem godzin.

W grudniu 2014 roku do kursującej floty pojazdów komunikacji miejskiej w Krakowie dołączył niskopodłogowy autobus firmy Solaris Urbino 18 Hybrid. Jednorazowo może przewieźć ok. 130 osób, w tym 47 na miejscach siedzących. Jest on pierwszym pojazdem z napędem hybrydowym, który zakupiło Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. w Krakowie. Autobus ten jest wyposażony w dwa rodzaje silników: spalinowy i elektryczny. W trybie hybrydowym jest zasilany zarówno przez silnik elektryczny jak i spalinowy. Ma on także możliwość automatycznego przejścia do zasilania wyłącznie elektrycznego, pobierając energię z baterii i kondensatorów umieszczonych na dachu, np. po dojeździe do centrum miasta. Autobus hybrydowy wyróżnia również to, że baterie i kondensatory są ładowane nie tylko przez pracę silnika spalinowego, ale także poprzez rekuperację (magazynowanie energii wytwarzanej m.in. podczas hamowania) i zewnętrzne ładowanie przez wtyczkę.

Decyzja o uruchomieniu w Krakowie linii autobusowej obsługiwanej przez autobusy elektryczne oraz o zakupie autobusu hybrydowego była podyktowana troską krakowskiego przewoźnika o środowisko i czyste powietrze. Wyposażone w elektryczny napęd pojazdy nie wytwarzają zanieczyszczeń a silnik spalinowy w autobusie z napędem hybrydowym jest przyjazny dla środowiska i spełnia surowe europejskie normy emisji spalin EEV.



Rysunek 6: Autobusy: od lewej Solaris Urbino 18 Hybrid, MERCEDES O 530G CITARO, autobus elektryczny firmy Rampini [15]

MPK S.A. pod koniec 2014 roku posiadało 500 autobusów, w tym z silnikiem:

- Euro 1 – 4 sztuki,
- Euro 2 – 99 sztuk,
- Euro 3 – 172 sztuk,
- Euro 4 – 10 sztuk,
- Euro 5 – 64 sztuk,
- EEV – 114 sztuk,
- Euro 6 – 37 sztuk.

MPK S.A. w Krakowie zamawia autobusy spełniające europejskie normy już od ponad 20 lat. [11]

3 PODSUMOWANIE

Występujący w Polsce w ciągu ostatnich dwóch dekad dynamiczny rozwój transportu drogowego przy ciągle niewystarczająco szybko rozwijanej infrastrukturze drogowej powoduje szczególnie w aglomeracjach miejsko-przemysłowych pojawianie się konfliktów ekologicznych, objawiających się między innymi występowaniem w powietrzu ponadnormatywnych stężeń zanieczyszczeń komunikacyjnych takich jak pyły (PM10 i PM2,5) oraz tlenki azotu (NOx). Dane statystyczne wskazują na ciągły wzrost w ostatnich latach udziału emisji pochodzącej z transportu drogowego w strukturze emisji całkowitej. To negatywne zjawisko obserwowane jest nie tylko w Krakowie lecz praktycznie w każdej aglomeracji miejskiej w Polsce, dlatego ważne jest podjęcie odpowiednich kroków, które będą sprzyjać ograniczaniu emisji zanieczyszczeń do powietrza. Działania te można realizować w skali regionalnej i lokalnej, jak przedstawiono na przykładzie Krakowa, poprzez rozpowszechnienie stref płatnego parkowania, wprowadzanie stref ograniczonego ruchu (Tempo 30) umożliwiające rozwój komunikacji rowerowej, wyznaczanie buspasów sprzyjających rozwojowi transportu publicznego przy równoczesnej budowie miejsc parkingowych typu Park&Ride. W Krakowie, ale także coraz częściej na innych polskich drogach, pojawiają się również Inteligentne Systemy Transportowe (ITS), a zwłaszcza systemy sterowania ruchem. Cel takiego systemu to zwiększenie przepustowości układu drogowego, a co za tym idzie redukcja zatorów, wypadków i kolizji oraz zanieczyszczeń powietrza.

LITERATURA

- [1] Datka S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1997.
- [2] Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2008.
- [3] Główny Urząd Statystyczny, *Ochrona środowiska. Environment. Roczniki 2005-2014*, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2005-2014, <http://www.stat.gov.pl> (pobrane dnia: 01.02.2015 r.).
- [4] <http://kmmkrakow.pl> (pobrane dnia: 15.02.2015 r.).
- [5] <http://mi.krakow.pl> (pobrane dnia: 15.02.2015 r.).
- [6] <http://wrower.pl> (pobrane dnia: 15.02.2015 r.).
- [7] <http://www.eea.europa.eu> (pobrane dnia: 02.03.2015 r.).
- [8] <http://www.gazetakrakowska.pl> (pobrane dnia: 15.03.2015 r.).
- [9] <http://www.ist2010.republika.pl> (pobrane dnia: 15.03.2015 r.).
- [10] <http://www.klimatdlaziemi.pl> (pobrane dnia: 02.03.2015 r.).
- [11] <http://www.mpk.krakow.pl> (pobrane dnia: 15.03.2015 r.).
- [12] <http://www.zikit.krakow.pl> (pobrane dnia: 15.03.2015 r.).
- [13] Leśko M., Guzik J., *Sterowanie ruchem drogowym. Sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2000.
- [14] Lochno A., *Program ochrony powietrza dla województwa małopolskiego. Małopolska 2023 – w zdrowej atmosferze*, Kraków, 2013.
- [15] Rada Miasta Krakowa z dnia 29 sierpnia 2012 roku, *Program Obsługi parkingowej dla miasta Krakowa*, Kraków, 2012.
- [16] Szczuraszek T., *Bezpieczeństwo ruchu miejskiego*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2006.