

KONCEPCJA WDROŻENIA SYSTEMU PŁATNEGO WJAZDU DO MIASTA NA PRZYKŁADZIE DZIELNICY W WARSZAWIE

Zwiększające się natężenie ruchu powoduje nie tylko utrudnienia komunikacyjne, ale przyczynia się także do zwiększenia zanieczyszczenia powietrza oraz wzrostu poziomu hałasu. W środowisku miejskim jest to dość uciążliwe, zwarta zabudowa, niekiedy bliskość zakładów przemysłowych, przyczynia się do zintensyfikowania tego zjawiska. Ustanawiając płatny wjazd na wybrane obszary, a tym samym wprowadzając strefy obejmujące zasięgiem dzielnicę, centrum lub całe miasto można znacząco wpłynąć na jakość sieci transportowej na tym obszarze. W pracy dokonano analizy przepisów UE dotyczących norm dopuszczalnych emisji spalin w pojazdach sprzedawanych na jej terenie. Zostały omówione także zagrożenia wynikające ze zbyt dużego natężenia ruchu w mieście, takie jak zanieczyszczenie powietrza, na przykładzie miasta Warszawy. Przedstawiono także skutki nadmiernego zanieczyszczenia powietrza. W pracy zaprezentowano koncepcję projektu systemu płatnego wjazdu do miasta, na przykładzie warszawskiej dzielnicy Śródmieście. Przedstawiono architekturę logiczną systemu, oraz przykładowe rozmieszczenie urządzeń w jednym z punktów wjazdowych do strefy wykorzystując do tego celu już istniejącą infrastrukturę.

WSTĘP

Zwiększające się natężenie ruchu pojazdów samochodowych powoduje nie tylko utrudnienia komunikacyjne, ale przyczynia się także do zwiększenia zanieczyszczenia powietrza oraz wzrostu poziomu hałasu. Szczególnie jest to uciążliwe w środowisku miejskim gdzie występowanie zwartej zabudowy oraz bliskość zakładów przemysłowych, przyczynia się do zintensyfikowania tego zjawiska. Pomocny w tym jest rozwój i upowszechnienie płatnego wjazdu na wybrane obszary, a tym samym wprowadzenie stref obejmujących swym zasięgiem dzielnicę, centrum lub całe miasto.

Analiza możliwości wykorzystania wybranych systemów telematki transportu pozwala na opracowanie koncepcji projektu wdrożenia systemu płatnego wjazdu do miasta na przykładzie dzielnicy w Warszawie, w aspekcie ograniczenia natężenia ruchu w mieście. Głównym argumentem przemawiającym za wykorzystaniem tego typu rozwiązań jest zmniejszenie poziomu zanieczyszczenia powietrza i stopnia hałasu drogowego. Analiza zagrożeń wynikających ze zbyt dużego natężenia ruchu pojazdów samochodowych w aglomeracjach miejskich pokazuje w jak dużym stopniu przekroczone są normy UE w zakresie emisji spalin oraz hałasu emitowanego przez te pojazdy.

1. PRZEPISY UE DOTYCZĄCE NORM DOPUSZCZALNYCH POZIOMÓW EMISJI SPALIN W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH ORAZ POMIARY RZECZYWISTE W TESTACH LABORATORYJNYCH

Jednym z dopuszczalnych norm emisji spalin (EURO 1 do EURO 6) w pojazdach sprzedawanych na terenie UE są określone szczegółowo w Dyrektywach Europejskich [2], z których wynikają między innymi różnego rodzaju standardy dla nowych pojazdów (samochody osobowe, ciężarowe, autokary, autobusy, maszyny rolnicze, pociągi, barki). Dla każdego rodzaju pojazdu, a także typu silnika obowiązują inne limity gazów spalinowych. Polska, należąca do wspólnoty UE, również jest zobowiązana do ich przestrzegania.

Wszystkie nowe pojazdy dopuszczane do ruchu w Unii Europejskiej muszą spełniać te standardy. Wymogi te nie obejmują jednak samochodów, które już poruszają się po europejskich drogach.

Pierwsze normy dotyczące emisji spalin zostały wprowadzone na początku lat 90 XX wieku, w 1993 roku. Najnowszym uchwalonym w 2014 roku standardem jest EURO 6 dotyczący pojazdów ciężarowych. Każda, nowo wprowadzona norma jest bardziej restrykcyjna od poprzedniej. Wprowadzenie norm spowodowało zmniejszenie dozwolonej emisji spalin w nowych pojazdach o 97% w przypadku cząstek stałych, w porównaniu do okresu z przed wprowadzonych ograniczeń. Porównując dopuszczalny poziom dwutlenku węgla jego emisja spadła sześciokrotnie, od momentu wprowadzenia restrykcji [1].

Zanieczyszczenie powietrza spowodowane wydzielaniem gazów przez pojazdy samochodowe, przyczynia się do pogorszenia jakości życia w mieście. Zwiększone natężenie ruchu sprzyja powstawaniu zatorów drogowych. Samochody poruszające się ze zmniejszoną prędkością wydzielają do atmosfery zwiększoną ilość gazów. Przykładem może być tu tlenek węgla - CO, który powstaje podczas częściowego spalania paliwa. Jest on najczęściej emitowany do atmosfery w sytuacjach, w których występują zatory drogowe. W Warszawie znajdują się 4 stacje pomiaru zanieczyszczenia powietrza należące do Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska, których wyniki są udostępniane na stronie internetowej Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie. Dwie z nich znajdują się w centrum Warszawy (ul. Marszałkowska, al. Niepodległości) oraz jedna na Targówku, a jedna na Ursynowie (rysunek 1). Gaz, który nie posiada zapachu ani koloru w skrajnych przypadkach może powodować utratę życia. Organizm, który jest poddany jego długotrwałemu wpływowi, może być niedotleniony. Pojawiają się bóle i zawroty głowy, mogą wystąpić zaniki pamięci. Obecnie obowiązujący dopuszczalny poziom emisji CO₂ w Europie to 110g/km (rok 2018), w roku 2015 było to 130g/km, na początku XX wieku - 150g/km. Spadek emisji CO₂ ma nastąpić w sposób zasadniczo liniowy. W 2020 roku ma zostać osiągnięty poziom 95g/km.



Rys. 1. Mapa z zaznaczonymi punktami pomiaru zanieczyszczenia powietrza w Warszawie [opracowanie własne]

Tlenek azotu należy do jednych z najbardziej szkodliwych substancji tworzących się w czasie procesu spalania paliwa. Największe jego stężenie występuje w środowisku miejskim. Zatrucie tlenkiem azotu, skutkuje osłabieniem organizmu, drętwienie kończyn. Dane na rysunku 2 przedstawiają wartość stężenia NO₂ na przykładzie stacji pomiaru Warszawa - Marszałkowska.



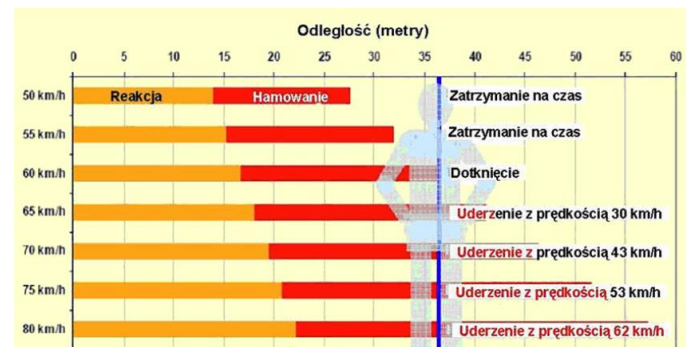
Rys. 2. Stężenie dwutlenku azotu w Warszawie z podziałem godzinowym [1]

Na podstawie wykresu przedstawionego na rysunku 1 wynika, że stężenie dwutlenku azotu NO₂ niebezpiecznie wzrasta w godzinach szczytu komunikacyjnego. Niespalone lub niecałkowicie spalone cząsteczki paliwa kumulują się w organizmach ludzi i zwierząt, mogą sprzyjać powstawaniu stanów rakotwórczych.

Poziom emisji spalin w czasie jazdy w testach laboratoryjnych jest mierzony podczas testu NEDC (ang. *New European Driving Cycle*). Został on wprowadzony w latach 90. Pojazd stawiany jest na specjalnym urządzeniu, na którym symulowana jest jego jazda w stworzonym w warunkach laboratoryjnych środowisku. Mierzone są parametry emisji spalin podczas rozpędzania, zwalniania i jazdy z określoną prędkością. Wszystkie samochody przed homologacją muszą być poddane temu badaniu. Na dwie części testu składa się jazda w warunkach miejskich i pozamiejskich. W wynikach, otrzymywany się poziom emisji CO₂ i innych substancji szkodliwych oraz poziom zużycia paliwa. Testy są przeprowadzane w warunkach laboratoryjnych na specjalnie do tego celu przygotowanych modelach pojazdów, które w rzeczywistości nie są dopuszczane do ruchu. Podczas badania nie występują zdarzenia takie jak nagłe hamowanie, wyprzedzanie. Pojazd porusza się po prostej drodze bez luków. W oponach samochodów zwiększone jest ciśnienie, maksymalnie zmniejszone są opory powietrza pojazdu, wszystkie urządzenia elektryczne, które nie są konieczne do prawidłowego działania pojazdu w teście nie funkcjonują, także elementy wyposażenia, na przykład klimatyzacja nie jest włączona. Istnieje także tolerancja błędów pomiarowych wynosząca około 4% od uzyskanych wyników, producenci pojazdów korzystają z tego przywileju. Podczas jazdy w warunkach rzeczywistych nie jest możliwe osiągnięcie takich norm emisji spalin jak podczas testów [4]. Informacje odnośnie poziomu emisji spalin można otrzymać podczas badania

technicznego pojazdu. Kontrola może być przeprowadzona także przez policję za pomocą analizatora spalin. Jest to urządzenie, które za pomocą sondy podłączone zostaje do rury wydechowej samochodu, natomiast wyniki pomiarów są widoczne na ekranie komputera przenośnego. Pojazd w tym czasie ma uruchomiony silnik na najwyższych obrotach. Badanie trwa zazwyczaj kilkanaście minut. Kierowcy pojazdów, u których stwierdzono przekroczenie dopuszczalnych limitów mogą być ukarani mandatem, a w niektórych przypadkach może zostać zatrzymany dowód rejestracyjny pojazdu [5]. Wszystkie potencjalne zagrożenia i zdarzenia niebezpieczne są w pewien sposób powiązane ze sobą, kształtują siebie, oddziałują wzajemnie. Zbyt duży ruch jest przyczyną zatorów drogowych. Nadmierna prędkość wpływa na zwiększony poziom hałasu i wydzielanie szkodliwych gazów [6]. Zbyt duże natężenie ruchu jest problemem zarówno w dużych jak i małych miastach. Wprowadzane są coraz to nowsze rozwiązania mające na celu zapobieganie szkodliwym skutkom, które mogą być jednorazowe (wypadek drogowy) albo wpływać na jakość życia w miastach w sposób długotrwały (hałas, zanieczyszczenie powietrza), co jest szczególnie uciążliwe dla mieszkańców [6].

Pierwszym i najczęściej występującym zagrożeniem jest nadmierna prędkość pojazdów. Na rysunku 3 została przedstawiona droga hamowania samochodu uzależniona od jego prędkości poruszania się. W dużych miastach zbyt szybko jeździ 85 procent kierowców. Nie zwracają oni uwagi na znaki drogowe ograniczające prędkość i tym samym łamią przepisy. Zatory drogowo tworzące się w miastach wydłużają czas podróży, a kierowcy, którzy często spieszą się, próbują potem „zyskać na czasie” poruszając się z dużo większą prędkością od dozwolonej.



Rys. 3. Droga hamowania pojazdu w zależności od jego prędkości [6]

Kierowcy ci stwarzają zagrożenie nie tylko dla innych pojazdów, ale przede wszystkim dla pieszych i rowerzystów, którzy w przypadku styczności z samochodem poruszającym się z nadmierną prędkością, narażeni są na utratę życia lub zdrowia. Niedostatecznie rozwinięta infrastruktura, np. w postaci ścieżek rowerowych dodatkowo sprzyja powstawaniu zagrożeń dla rowerzystów. Powyższy schemat na rysunku 3 przedstawia drogę hamowania samochodu, podaną w metrach, w zależności od prędkości pojazdu przed rozpoczęciem hamowania oraz prawdopodobne skutki oddziaływania pojazdu na pieszego [6].

2. ANALIZA I CHARAKTERYSTYKA TERENU OBJĘTEGO OPRACOWANIEM

Dzielnica Śródmieście położona jest w centralnej części Warszawy, na lewobrzeżnej stronie Wisły (rysunek 4). Zajmuje powierzchnię 15,57 km², co stanowi około 3% terenu miasta. Liczba mieszkańców wynosi 120 091 osób. W tym miejscu znajdują się najważniejsze miejsca w mieście, instytucje państwowe (Pałac

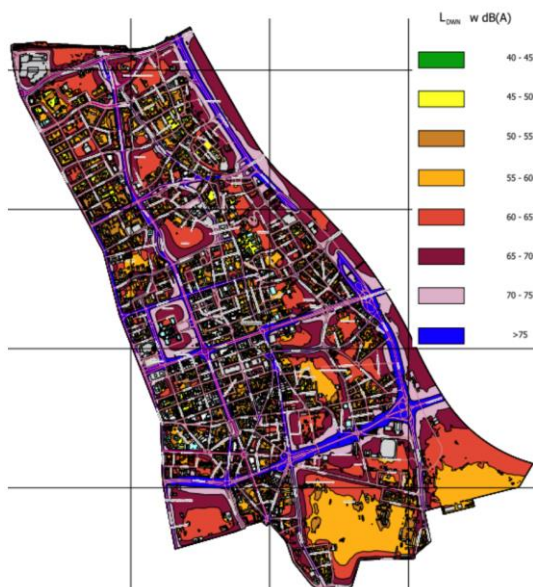
Prezydencki, Sejm, Senat), kulturalne (Teatr Wielki, Opera Narodowa), zabytki (Stare Miasto wraz z Zamkiem Królewskim), liczne muzea (Muzeum Narodowe), najwyższy budynek w Polsce – Pałac Kultury i Nauki. Na terenie dzielnicy położonych jest także wiele terenów zielonych m.in. Łazienki Królewskie, Ogród Saski, Ogród Krasińskich. W granicach znajduje się także 7 mostów, 5 drogowych i 2 kolejowe. Śródmieście jest jednym z największych węzłów przesiadkowych w Warszawie.



Rys. 4. Obszar dzielnicy Śródmieście z zaznaczonymi miejscami największego natężenia ruchu drogowego [opracowanie własne]

W dzielnicy Śródmieście krzyżują się również najważniejsze szlaki komunikacyjne, między innymi dwie linie metra, linie tramwajowe, autobusowe. Swoje stacje mają także pociągi Szybkiej Kolei Miejskiej, Kolei Regionalnych, pociągi dalekobieżne. Odjeżdżają stąd autobusy m.in. do Lublina, Zamościa, Olsztyna. Możliwy jest także bezpośredni dojazd do lotniska Okęcie, a także do podwarszawskiego lotniska Modlin w Nowym Dworze Mazowieckim.

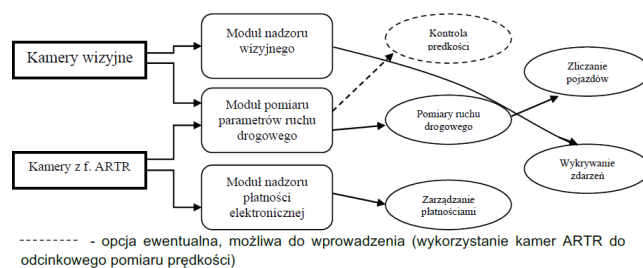
Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że na większości obszaru Śródmieścia poziom hałasu wynosi około 70dB. W niektórych miejscach osiąga natężenie ponad 75dB. Długotrwałe przebywanie w rejonie takiego nasilenia może już przyczynić się do zmęczenia, bólu głowy, osłabienia koncentracji. Na rysunku 5 został przedstawiony rozkład poziomu natężenia hałasu na obszarze Śródmieścia. Koncepcja wdrożenia systemu płatnego wjazdu obejmującego swym zasięgiem dzielnicę Śródmieście ma na celu przede wszystkim ograniczenie natężenia ruchu w jej obrębie i tym samym zmniejszenie poziomu hałasu i zanieczyszczeń.



Rys. 5. Poziom natężenia hałasu w dzielnicy Śródmieście [7]

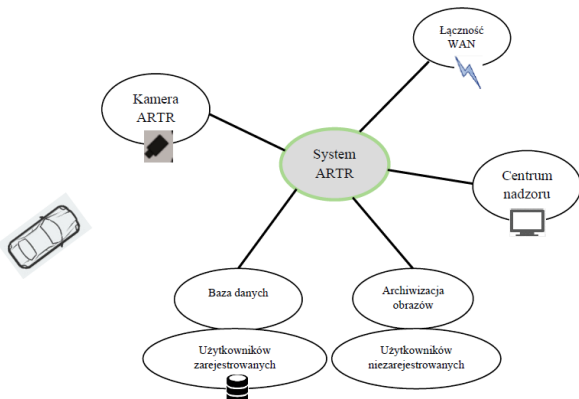
3. KONCEPCJA SYSTEMU PŁATNEGO WJAZDU DO MIASTA NA PRZYKŁADZIE WYBRANEJ DZIELNICY ŚRÓDMIEŚCIE W WARSZAWIE

Istotnym elementem jest dokładne podanie szczegółów dotyczących przepływu informacji, a także sposobu ich pozyskiwania. Do ich zbierania będą służyły kamery z funkcją ARTR. Dane będą przekazywane do Centrum Zarządzania Ruchem oraz Automatem Systemu Poboru Opłat. W pierwszym z nich będzie dokonywany pomiar poszczególnych parametrów ruchu, a także sprawowany nadzór wizyjny. Automatem Systemu Poboru Opłat będzie odpowiadał on za prawidłowy proces naliczania należności. Informacje posłużą do odcinkowego pomiaru prędkości, a także do tworzenia statystyk ruchu drogowego m.in. natężenia ruchu w centrum Warszawy. Na Rysunku 6 przedstawiono strukturę logiczną systemu płatnego wjazdu do miasta, w którego skład wchodzi przede wszystkim urządzenia takie jak kamery wizyjne i te z funkcją ARTR.



Rys. 6. Struktura logiczna systemu płatnego wjazdu do miasta [8]

Kamery z funkcją ARTR będą przesyłały pozyskane dane za pomocą sieci LAN do szaf sterowniczych zlokalizowanych w ich pobliżu, a następnie dane będą przekazywane do centrum sterowania ruchem drogowym, także za pomocą łącz kablowych. Obraz z kamer monitoringu wizyjnego będzie przesyłany za pomocą łączności bezprzewodowej, wykorzystywane będą kamery IP. Obraz będzie zapisywany przez rejestrator wideo i jednocześnie wyświetlana zostanie na monitorze komputera obecna sytuacja w ruchu drogowym. Do centrum sterowania dane przesyłane będą za pomocą łącz stałych. Zadaniem modułu nadzoru wizyjnego jest monitorowanie punktów wjazdowych do strefy objętej płatnością, poprzez dostarczanie obrazów z kamer. Moduł pomiaru poszczególnych parametrów ruchu drogowego dostarcza przede wszystkim informacji o liczbie pojazdów znajdujących się w płatnej strefie i tym samym określa natężenie ruchu w jej obrębie, w danych godzinach. Dostarcza on dane niezbędne do określenia czasu przejazdu przez centrum miasta, a także służy do odcinkowego pomiaru prędkości. Kamery z funkcją ARTR (Automatyczne Rozpoznawanie Tablic Rejestracyjnych) mają za zadanie identyfikację pojazdów poprzez odczytanie ich numerów z tablic rejestracyjnych. Dane będą udostępniane dla policji w celu egzekwowania należności za ewentualne wykroczenia, w przypadku przekroczenia dozwolonej prędkości. Moduł nadzoru płatności elektronicznej wykorzystujący kamery ARTR służące do identyfikowania użytkowników i naliczania opłat na ich indywidualne konta (użytkownicy zarejestrowani w systemie) lub zapisują w tymczasowej bazie danych numery tablic rejestracyjnych, aż do uiszczenia należności za przejazd (użytkownicy niezarejestrowani w systemie). Na rysunku 7 przedstawiono uproszczony schemat systemu rozpoznawania i sterowania ARTR.



Rys. 7. Uproszczony schemat systemu rozpoznawania i sterowania ARTR [8]

Zasada działania systemu jest następująca:

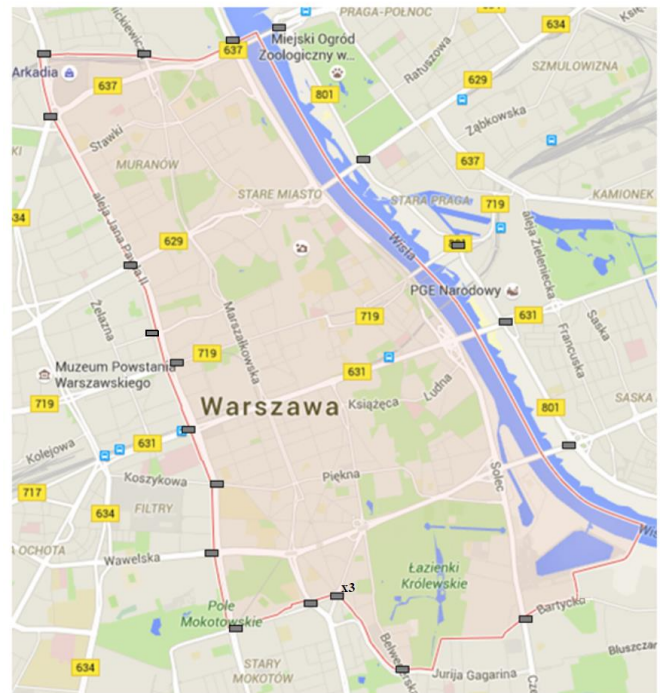
- 1). Kamera wykonuje zdjęcie tablicy rejestracyjnej pojazdu.
- 2). Numery rejestracyjne są identyfikowane.
- 3). Następuje sprawdzenie, czy dany pojazd jest zarejestrowany w bazie:
 - zarejestrowany – automatyczne naliczenie opłaty,
 - niezarejestrowany – dane przechowywane do momentu uiszczenia opłaty,
 - naruszył prawo – zgłoszenie przekazane do służb policji.
- 4). Dokonanie odcinkowego pomiaru prędkości na wybranych odcinkach:
 - identyfikacja użytkowników,
 - dokonanie pomiaru czasu przejazdu,
 - porównanie z dopuszczalnym czasem przejazdu.

W przypadku przekroczenia prędkości wysyłana informacja do odpowiednich służb. Rejestracja użytkowników odbywa się poprzez wypełnienie formularza na stronie internetowej, odpowiednimi danymi. Konieczne jest podanie numeru rejestracyjnego oraz danych osobowych właściciela pojazdu. W przypadku firm podaje się ich dane. Płatność może odbywać się na dwa sposoby:

- automatycznie – użytkownik podaje informacje o swojej karcie bankowej, z której automatycznie po określonym okresie rozliczeniowym pobierana jest opłata,
- płatnością elektroniczną – płatność internetowa do 90 dni od momentu podróży.

Dla użytkowników niezarejestrowanych w systemie, opłata za wjazd będzie odbywać się płatnością elektroniczną, po uprzednim wypełnieniu formularza, w którym podane zostaną numery tablic rejestracyjnych.

Koncepcję rozmieszczenia poszczególnych urządzeń systemu przedstawiono na rysunku 8 powyżej. Będą to kamery wizyjne, kamery z funkcją ARTR. Do kontroli pojazdów wjeżdżających do płatnej strefy wykorzystano Metodę Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych (system ARTR).



■ - miejsca wjazdu do strefy płatnej

Rys. 8. Rozmieszczenie punktów kontrolnych na granicach dzielnicy Śródmieście [opracowanie własne]

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Skażenie powietrza oraz nadmierny hałas ruchu pojazdów samochodowych stanowi jeden z głównych problemów dużych aglomeracji. W artykule został przedstawiony poziom zanieczyszczenia powietrza w Warszawie w kilku punktach pomiarowych, a także zagrożenia wynikające z przekroczenia dopuszczalnych limitów. Przed przystąpieniem do opracowywania koncepcji wdrożenia systemu zapoznano się z potrzebami użytkowników, którzy w dużym stopniu będą uzależnieni od działania systemu objętego opracowaniem. Istotna jest także charakterystyka danego obszaru, którego dotyczy projekt, zarówno pod względem uwarunkowań ruchu drogowego jak i możliwości infrastruktury.

W wyniku przeglądu problematyki dotyczącej potrzeb użytkowników, którymi w większości są mieszkańcy Śródmieścia oraz osoby tam pracujące, dokonano opracowania koncepcji wdrożenia systemu płatnego wjazdu do tej dzielnicy. Założone funkcje będą sprawowane przez 3 moduły: nadzoru wizyjnego, pomiaru parametrów ruchu drogowego, nadzoru płatności elektronicznej. Przedstawiono przepływ danych w poszczególnych modułach. Zaprezentowano także przykładowe rozmieszczenie urządzeń na obszarze Śródmieścia, na jego obrzeżach.

Zaprezentowana koncepcja projektu obejmująca Śródmieście zdaje się być odpowiednim wstępem do objęcia podobnym systemem innych centralnych dzielnic Warszawy. Obszar objęty opracowaniem zajmuje powierzchnię 15,6 km², a teren Warszawy to 517 km², co stanowi niewiele ponad 3%. Dla uzyskania efektów, które byłyby zauważalne w znacznym stopniu należy objąć systemem także przyległe dzielnice lub ich części, między innymi Ochotę, Mokotów, część Woli i Żoliborza.

BIBLIOGRAFIA

1. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska: www.sojp.wios.warszawa.pl
2. Rozporządzenie (WE) nr 715/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 czerwca 2007 r.
3. Chudzikiewicz A., *Inteligentne systemy transportowe*, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej 2007 r.
4. Grupa klimatyczna C40: www.c40.org
5. Policja Podlaska: www.podlaska.policja.gov.pl
6. Portal drogowy: www.edroga.pl
7. Miasto Stołeczne Warszawa: www.mapaakustyczna.um.warszawa.pl
8. Wilk A., *Projekt wdrożenia systemu płatnego wjazdu do miasta (system ekosfer) na przykładzie dzielnicy w Warszawie*, Praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Warszawa 2017.
9. Kasprzyk Zbigniew, Rychlicki Mariusz, Paciorek Rafał: *Propozycja wdrożenia systemu pozyskiwania informacji o warunkach ruchu drogowego w Warszawie w dzielnicy ochota*, w: *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, nr 12, 2017.

Concept of implementation of the entrance payment system to the city for the example of district in Warsaw

Increasing traffic causes not only communication difficulties, but also contributes to increasing air pollution and increasing noise levels. In an urban environment it is quite cumbersome, compact buildings, sometimes the proximity of industrial plants, contributes to the intensification of this phenomenon. By establishing a paid entry to selected areas, thus introducing zones covering the district, center or the whole city, it is possible to significantly influence the quality of the transport network in this area. The paper analyzes the EU regulations regarding emission limit values for vehicles sold in its area. There are also discussed threats resulting from excessive traffic in the city, such as air pollution, on the example of the city of Warsaw. The effects of excessive air pollution are also presented. The paper presents the concept of a system of paid entry to the city, based on the example of the Warsaw district of Śródmieście. The logical architecture of the system is presented, as well as an example of the arrangement of devices in one of the entrance points to the zone, using the existing infrastructure for this purpose.

Autorzy:

dr inż. **Zbigniew KASPRZYK** – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Telekomunikacji w Transporcie
dr inż. **Mariusz RYCHLICKI** – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Telekomunikacji w Transporcie
inż. **Adam Wilk** – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

JEL: R48 DOI: 10.24136/atest.2018.189

Data zgłoszenia: 2018.05.25 Data akceptacji: 2018.06.15