

Piotr PIĄTKOWSKI¹
Tomasz HEESE²,
Magdalena KACZORKIEWICZ³,
Adam BOGUSKI⁴,
Paweł ZDOLIŃSKI⁵,
Ewa KASPERSKA⁶,
Norbert CHAMIER-GLISZCZYŃSKI⁷

IMPLEMENTACJA ZADANIA ROZWOJU TRANSPORTU PUBLICZNEGO PRZEZ WPROWADZENIE EKOLOGICZNYCH MINIBUSÓW PODCZAS REALIZACJI DZIAŁAŃ W RAMACH PROJEKTU CIVITASRENAISSANCE W SZCZECINKU

W artykule przedstawiono problematykę wdrożenia zadania związanego z rozwojem transportu publicznego przez wprowadzenie ekologicznych minibusów przez lokalnego przewoźnika publicznego w ramach realizacji zadania w programie CiViTASRenaissance. Przedstawiono w nim rodzaj i zakres działań mających na celu uzyskanie bardziej efektywnego wykorzystania transportu miejskiego. Praca przedstawia wyniki analizy stanu bazowego oraz częściowej ewaluacji zadania. Zadanie to miało w sposób realny przyczynić się do rozwoju przedsiębiorstwa komunikacyjnego oraz wpłynąć na zmniejszenie emisji składników spalin oraz hałasu w mieście. Na podstawie wyników badań sformułowano wnioski dotyczące możliwości wykorzystania alternatywnych paliw do zasilania publicznych środków transportu w mieście.

¹Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Transportu, 75-620 Koszalin, ul. Raclawicka 15-17, Tel: +48 94 34 78 355 lub 204 Fax +48 94 34 26 753, e-mail: piotr.piatkowski@tu.koszalin.pl

²Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej, 75-453 Koszalin, ul. Śniadeckich 2, Tel: + 48 94 347-85-59, Fax: + 48 94 342-76-52, e-mail: tomasz.heese@tu.koszalin.pl,

³Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej, 75-453 Koszalin, ul. Śniadeckich 2, Tel: + 48 94 347-85-56, Fax: + 48 94 342-76-52, e-mail: magdalena.kaczorkiewicz@tu.koszalin.pl,

⁴Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej, 75-453 Koszalin, ul. Śniadeckich 2, Tel: + 48 94 347-85-62, Fax: + 48 94 342-76-52, e-mail: adam.boguski@tu.koszalin.pl,

⁵Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Biologii Środowiskowej, 75-453 Koszalin, ul. Śniadeckich 2, Tel: + 48 94 343-91-57, Fax: + 48 94 342-76-52, e-mail: pawel.zdolinski@tu.koszalin.pl,

⁶Politechnika Koszalińska, Instytut Ekonomii i Zarządzania, Zakład Marketingu, 75-343 Koszalin, ul. Kwiatkowskiego 6e, Tel: +48 94 34 39 157, fax 94 34 39 113, E-mail: kasperska.ewa@wp.pl

⁷Politechnika Koszalińska, Instytut Mechatroniki Naonetchnologi i Techniki Próżniowej, Zakład Mechatroniki i Mechaniki Stosowanej, 75-620 Koszalin, ul. Raclawicka 15-17, Tel: +48 94 34 78 498 Fax +48 94 34 26 753, e-mail: norbert.chamier-gliszczynski@tu.koszalin.pl

IMPLEMENTATION OF THE MEASURE CONCERNED TO THE DEVELOPMENT OF "CLEAR" PUBLIC TRANSPORT BY THE CIVITAS RENAISSANCE PROJECT IN SZCZECINEK

The problems with the development of public transport by ecological minibus implementation were presented in the article. Type, extension and basic results of the measures implementation were illustrated by chosen graphs as results of decrease exhaust gases emissions. As well the results of the baseline research for chosen measure's indicators in the article were presented. As a head output of this measure should be increase of economic efficiency of local public carrier and noise reduction. By the results of the baseline the conclusions about possibility of increase of public transport energy-ecological efficiency were formulated

1. WSTĘP

Projekt *CiViTASRenaissance* na celu przeprowadzenie badań i wdrożenie nowych ekologicznych oraz bezpiecznych rozwiązań transportowych w miastach. Prócz implementacji zadań transportowych w ramach inicjatywy *CiViTAS* realizowane są zadania mające na celu zmianę zachowań oraz podniesienie świadomości transportowej mieszkańców miast. Obok miasta Szczecinek projekt *CiViTASRenaissance* realizowany jest jeszcze przez cztery miasta takie jak: Perugia, Bath, Skopje oraz Gorna Oriahovitsa. Pierwsze dwa miasta z wymienionych oraz Szczecinek pełni rolę miast wiodących natomiast pozostałe stanowią tzw. „miasta uczące się”.

Projekt *Renaissance* obejmuje swoim działaniem takie płaszczyzny jak [8]:

1. Innowacje energetyczne i środowiskowe – gdzie, głównym celem jest zmniejszenie emisji dwutlenku węgla oraz efektu cieplarnianego.
2. Innowacje techniczne, – które mają za zadanie demonstrację "czystych" aut drugiej generacji zasilanymi paliwami alternatywnymi w postaci biopaliw, CNG, metanu. Szczególną uwagę poświęca się wdrażaniem pojazdów elektrycznych.
3. Innowacje organizacyjne – mające przedstawić możliwości drzemające w zakresie wymiany informacji między partnerami na szczeblu lokalnym i europejskim. Stanowi to priorytet w projekcie *Renaissance*. W ramach tego działania realizowane są:
 - innowacyjna polityka fiskalna i płac,
 - polityczny proces innowacji.
4. Innowacyjny system transportu – polegający na dynamicznym procesie zbierania informacji na temat sytuacji drogowej i korków oraz zarządzanie ruchem.

2. CHARAKTERYSTYKA ZADANIA PROJEKTOWEGO

Celem zadania projektowego określonego jako „wdrożenie czystych minibusów” jest implementacja przez lokalnego przewoźnika publicznego (Komunikację Miejską) minibusów, których silniki zasilane będą paliwem alternatywnym w postaci mieszanek propan-butan (LPG). Paliwo to stanowi niskoemisyjne źródło energii dla pojazdów komunikacji samochodowej. Prócz wdrożenia do eksploatacji pojazdów zadanie to obejmuje także wprowadzenie „usługi przewozowej na życzenie” oraz budowy punktu

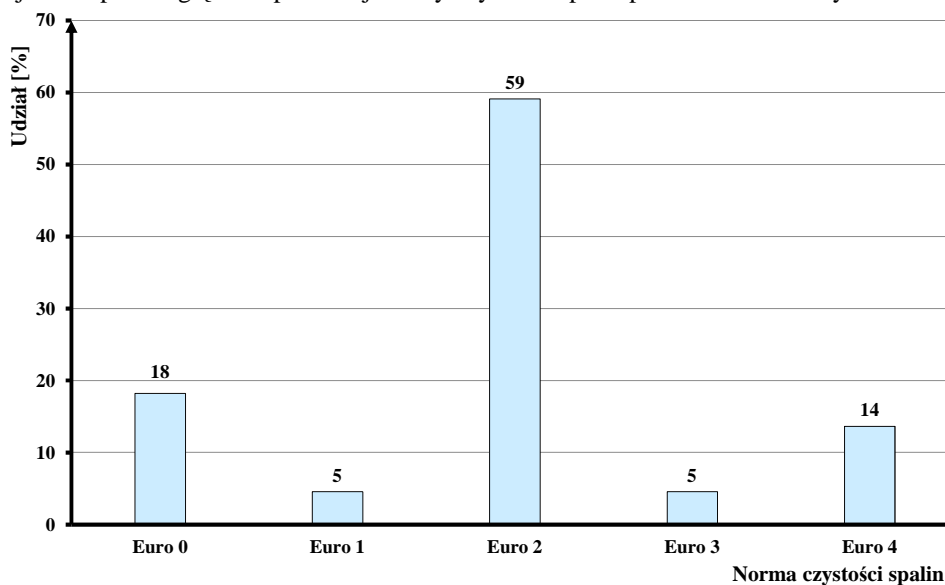
obsługi technicznej pojazdów zasilanych LPG oraz ekologicznej myjni samochodowej. Zadanie to silnie wspierane jest przez intensywną kampanię promocyjną oraz zadanie związane z wymianą wiat przystankowych oraz montaż systemu dynamicznej informacji pasażerskiej na kluczowych przystankach. Innowacyjność tego zadania związane jest z wprowadzeniem przez przewoźnika publicznego do eksploatacji minibusów zasilanych LPG. Stanowi to odmienność o charakterze regionalnym i krajowym.

W niniejszej pracy przedstawione zostaną wybrane zagadnienia związane z wdrożeniem tego zadania projektowego.

3 PRZEGLĄD FLOTY LOKALNEGO PRZEWOŹNIKA

Lokalny przewoźnik publiczny (Komunikacja Miejska - KM) posiada w swojej flocie obecnie 22 pojazdy, z których tylko trzy spełniają normę emisji spalin EURO IV. Wprowadzone one zostały do eksploatacji w czwartym kwartale 2010 roku jako pojazdy fabrycznie nowe i wyposażone są one w silniki o zapłonie iskrowym adaptowanymi do zasilania paliwem typu LPG. Silniki zasilane tym paliwem uznawane są dość powszechnie jako przyjazne środowisku ze względu na stosunkowo niedużą szkodliwość spalin oraz w pewnym sensie odnawialny charakter paliwa [4, 5, 6 i 7]. Ponadto paliwo to postrzegane jest jako bezpieczne oraz w okresie długoterminowym wiąże się z nim poważne nadzieje na zmniejszenie zużycia tradycyjnych paliw kopalnych [3]. Pozostałe pojazdy to autobusy miejskie

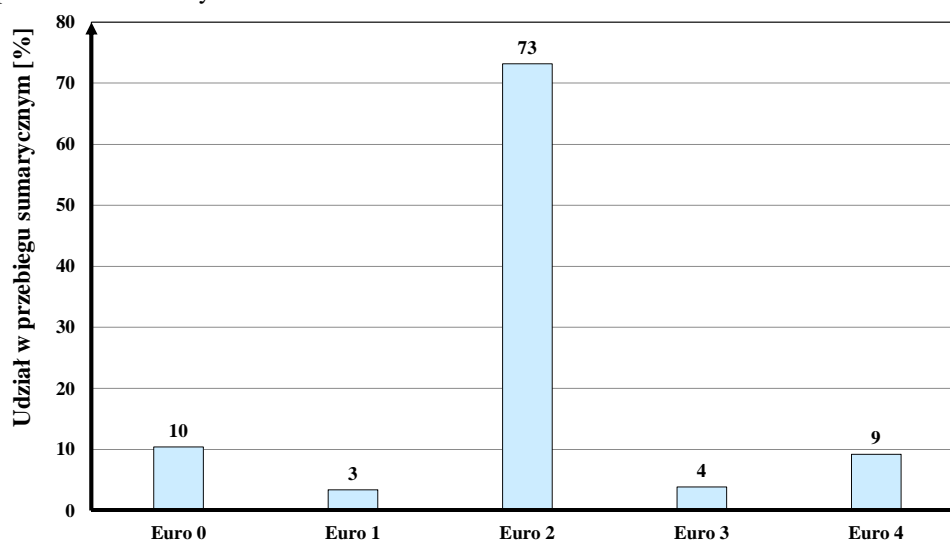
z silnikami o zapłonie samoczynnym, w większości przypadków spełniającymi normę czystości spalin na poziomie EURO II. Udział procentowy poszczególnych typów pojazdów pod względem spełnianej normy czystości spalin przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1 Udziały procentowe ilości pojazdów Komunikacji Miejskiej podzielonych względem spełnianej fabrycznie normy czystości spalin (stan wg danych za IV kwartał 2010r)

We wcześniejszym okresie przewoźnik nie posiadał pojazdów spełniających wyższą normę czystości spalin niż EURO III. Powodowało to, że pojazdy te w sposób bardzo efektywny wpływały na poziom kosztów paliwa i emisję dwutlenku węgla oraz substancji szkodliwych, takich jak; tlenki węgla (CO), węglowodory (C_nH_m), tlenki azotu (NO_x) oraz cząstki stałe (PM). Tak niewielka liczba pojazdów nie wpłynęła znacząco na zmniejszenie zawartości składników szkodliwych powietrza w mieście. Jednak jak można zauważyć z rysunku 1, niemal 14% procentowy udział pojazdów spełniających normę czystości spalin EURO IV wpłynie na zmniejszenie emisji spalin we flocie pojazdów komunikacji miejskiej. Stanowić będzie to jednak aprobatę lokalnych władz w odniesieniu do promowania „czystych” pojazdów w mieście w przyszłości. Ponadto, użytkowni przez publicznego przewoźnika pojazdów o innym niż klasyczny układzie zasilania wpłynęła pośrednio na świadomość koniecznych zmian zachowań transportowych mieszkańców miast.

Dla określenia średniej emisji jednostkowej oraz jednostkowego bilansu ekonomicznego posłużono się informacjami o ilości zużytego paliwa oraz kosztach poniesionych na utrzymanie eksploatacyjnego każdego z pojazdów. Udział procentowy przebiegu poszczególnych pojazdów w rozróżnieniu na spełnianą normę czystości spalin przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2 Udział procentowy wykorzystania pojazdów na podstawie sumarycznego przebiegu grupy pojazdów w odniesieniu do spełnianej normy czystości spalin we flocie KM Szczecinek

Rozkład obciążenia poszczególnych grup pojazdów (rys.2) jest podobny rozkładu do liczby pojazdów podzielonych na poszczególne grupy emisyjne. Jednak mimo tej samej liczby pojazdów spełniających normę emisji EURO I pojazdy z grupy EURO III są bardziej

intensywnie wykorzystywane. Wiązać się to może ze zdatnością tej grupy pojazdów. Wskaźnik zdatności technicznej (A_i) dla jednego pojazdu można określić jako [2];

$$A_i = \frac{D_{gt}}{D_t} [-], \quad (1)$$

gdzie;

i – numer pojazdu,

D_{gt} – dni zdatności technicznej,

D_t – liczba dni w rozpatrywanym okresie czas,

natomiast w przypadku określenia wskaźnika zdatności technicznej dla grupy pojazdów zależność (1) przyjmie postać;

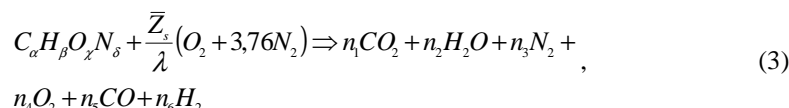
$$A_m = \frac{\sum D_{gt}}{nD_t} [-], \quad (2)$$

gdzie;

n – liczba pojazdów w rozpatrywanej grupie.

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na podstawie informacji o przebiegach poszczególnych pojazdów wykonano obliczenia poziomu emisji składników spalin. W celu wykonania obliczeń poziomu emisji składników spalin posłużono się równaniami opisującymi przebieg reakcji chemicznych oraz uwzględniono spełniane normy emisji spalin. Równanie (3) przedstawia ogólną postać reakcji chemicznej opisującej przebieg utleniania paliwa [7];



gdzie;

Z_s – stechiometryczny iloraz liczby moli powietrza i paliwa,

$\alpha, \beta, \chi, \delta$ – współczynniki określające liczby atomów węgla, wodoru, tlenu i azotu,

n_i – liczba moli poszczególnych składników spalin,

λ – współczynnik nadmiaru powietrza.

Natomiast średnią emisję drogową E_n każdego rozpatrywanego składnika spalin określono na podstawie zależności przedstawionej ogólnie jako [1];

$$E_n = f(m, s, L, U) \quad (4)$$

gdzie; n – rodzaj składnika spalin, (CO, CO₂, NO_x),

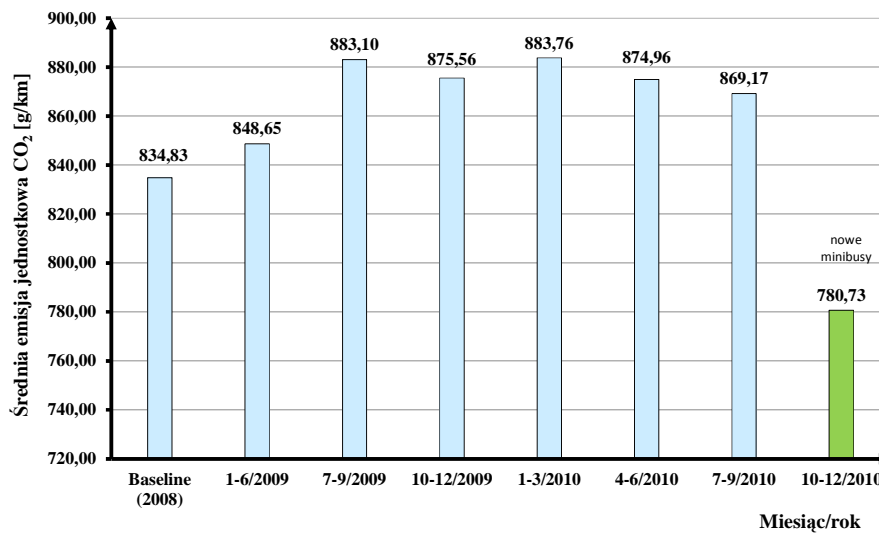
m – masa zużytego paliwa [kg],

s – długość drogi, którą pokonał pojazd w okresie eksploatacji [km],

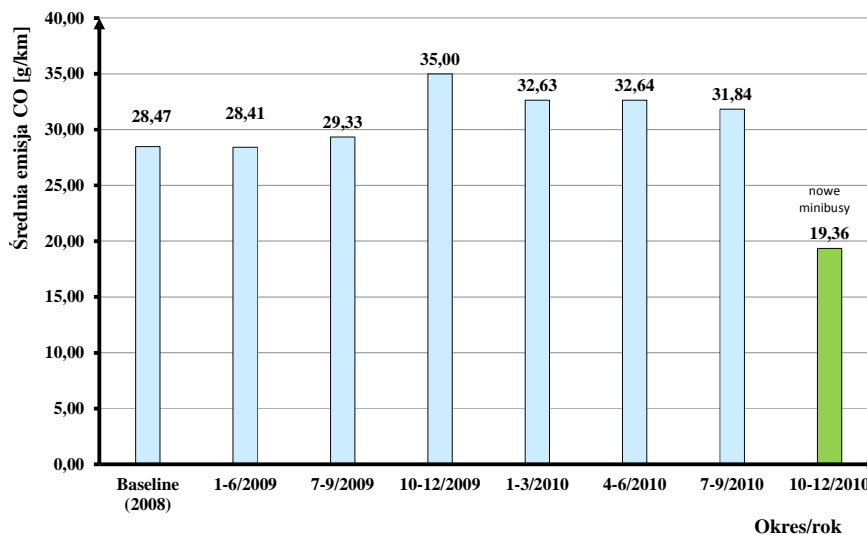
L – limit emisji związany ze spełnianą normą emisji spalin,

U – względny udział pojazdu we flocie w rozpatrywanym okresie eksploatacji.

Obliczone wyniki poziomu emisji rozpatrywanych składników spalin przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Na wykresach za okres odniesienia przyjęto układ kwartalny natomiast wynik jest reprezentatywny dla wartości średniej pojazdów we flocie uwzględniając ich udziały w rozpatrywanych okresach eksploatacji. Bezpośrednią miarą wzrostu efektywności energo-ekologicznej pracy silników jest poziom emisji dwutlenku węgla, ponieważ ten składnik gazów spalinowych stanowi produkt spalania zupełnego.



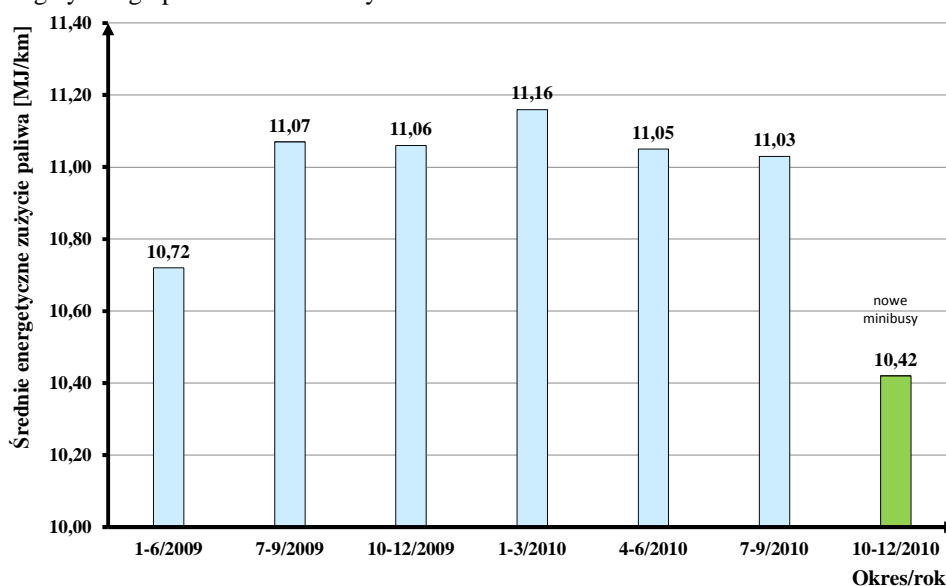
Rys. 3 Średnia jednostkowa emisja dwutlenku węgla (CO₂) we flocie pojazdów KM w Szczecinku



Rys. 4 Średnia jednostkowa emisja tlenku węgla (CO) we flocie pojazdów KM w Szczecinku

Zarówno w przypadku tlenku jak i dwutlenku węgla odnotowano znaczny spadek emisji w czwartym kwartale 2010 roku. Powodem tego jest wprowadzenie do eksploatacji minibusów zasilanych mieszanką propan-butan spełniających jednocześnie normę czystości spalin na poziomie Euro 4. Pozwoliło to efektywnie zmniejszyć zarówno zużycie paliwa jak i poziom emisji szkodliwych składników spalin.

Dodatkowym wskaźnikiem wzrostu ekologiczności pracy silników jest spadek emisji tlenków azotu. W porównaniu ze średnią emisji tego składnika spalin w roku 2008(4,72 g/km) spadek ten wyniósł niemal 20%(3,84 g/km). Natomiast poprawę wartości wskaźnika energetycznego przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5 Średnie jednostkowe energetyczne zużycie paliwa we flocie pojazdów KM

Ponadto wdrożenie ekologicznych minibusów także pozytywnie wpłynęło na poprawę wskaźników ekonomicznych w przedsiębiorstwie transportowym. Odnotowano spadek kosztów eksploatacyjnych, tzw. „wozokilometra” o około 5%. Wskaźnik ten jest bardziej efektywny ze względu na to, że nowe pojazdy stanowią niespełna 14% floty przewoźnika.

Dostosowanie jakości środków transportu przewoźników do nowych norm oraz wymagań środowiskowych pozwoli także wpłynąć na redukcję hałasu, którego źródłem są pojazdy komunikacji publicznej.

5. WNIOSKI

Na podstawie wykonanej analizy wyników badań okresowych dla prezentowanego zadania postawiono poniższe wnioski;

- proces wdrażania nowych rozwiązań transportowych powinien być poprzedzony szeroko prowadzoną kampanią promocyjno-informacyjną,
- zmiana zachowań transportowych wśród mieszkańców miast wymaga wdrożenia efektywnych rozwiązań transportowych umożliwiających optymalizację czasową przejazdów oraz ich dostępność,
- wdrożenie bardziej efektywnych i ekologicznych pojazdów przez przewoźników powinna być premiowana ulgami fiskalnymi – szczególnie w miastach o dużym zagrożeniu emisji spalin i pyłów,
- nawet nieznaczna liczba nowych pojazdów potrafi efektywnie wpłynąć na wskaźniki energo-ekologiczne, które mogą się znacznie przyczynić do odnowienia floty transportowej, także w kierunku pojazdów zasilanych lub napędzanych w sposób niekonwencjonalny.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Chłopek Z.: *Ochrona środowiska naturalnego*, Warszawa, WKŁ 2002
- [2] Janecki J., Tott K.: *Organizacja eksploatacji pojazdów samochodowych*, WKŁ Warszawa 1986
- [3] Johnson E.: *LPG: a secure, cleaner transport fuel? A policy recommendation for Europe*, Energy Policy 31/2003, str.1573-1577,
- [4] Majerczyk A., Taubert S.: *Układy zasilania gazem propan-butan*, Warszawa, WKŁ 2003,
- [5] Piątkowski P.: *Energo-ecological efficiency of spark ignition engine reinforced by alternative fuel*, Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Międzyzdroje 2008,
- [6] Romaniszyn K. M. *Alternatywne zasilania samochodów benzyną oraz gazami LPG i CNG*, Warszawa, WNT 2007,
- [7] Teodorczyk A.: *Teoria silników tłokowych*, Warszawa, WKŁ 2007,
- [8] www.civitas-initiative.org