SPIS TREŚCI

1. **Wstęp** 5

2. **Nowe regulacje prawne dotyczące straży miejskich**
(**Sylwester Karwowski –** Zespół Ruchu Drogowego Instytutu Służby Prewencyjnej Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie) 7

3. **Ocena stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach krajowych województwa opolskiego w latach 2002 – 2006**
(**Bolesław Pustelnik –** Dyrektor Oddziału Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Opolu)..... 13

4. **Ciepłem Ziemi uwalnia się już drogi i mosty od śniegu oraz lodu**
(**Włodzimierz Kotowski, Andrzej Augustynowicz –** Politechnika Opolska) 31

5. **Ekologiczne aspekty rozwoju transportu samochodowego**
(**Jan Składzień –** Politechnika Opolska) 41

6. **EcoDriving – system szkolenia kierowców w jeździe ekonomicznej**
(**Wacław Hepner, Ireneusz Hetmańczyk –** Politechnika Opolska) 57

7. **System wspomagania pracy kierowcy**
(**Andrzej Augustynowicz, Jerzy Jantos, Jarosław Mamala, Leszek Gomółka –** Politechnika Opolska) 67

WSTĘP

Wypadek drogowy jest nieplanowanym łańcuchem zdarzeń, które kończą się ofiarami ludzkimi i stratami materialnymi. Działania praktyczne oraz rozważania teoretyczne na temat bezpieczeństwa w ruchu drogowym stały się dyscypliną naukową w inżynierii ruchu, transporcie, edukacji, psychologii, ergonomii, prasie, fizyce i urbanistyce. Zatem bezpieczeństwo ruchu drogowego jest dziedziną, w której prowadzone są badania interdyscyplinarne w różnych instytutach badawczych.

W krajach UE główne wysiłki dla poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego kieruje się na zachowania użytkowników dróg, na ich umiejętności, zdolności, percepcje oraz wytrzymałość organizmu. Etap rozwoju i usprawnień infrastruktury został w krajach UE zrealizowany wcześniej. W Polsce działania muszą być jednak ukierunkowane równolegle na człowieka i infrastrukturę z uwagi na opóźnienia w jej właściwym ukształtowaniu.

Należy podkreślić, że Krajowy Program Gambit 2005 i Wojewódzki Program Gambit Opolski 2005 zawierają zintegrowane działania na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego w takich obszarach jak: szeroko rozumiana edukacja, infrastruktura, nadzór i ratownictwo drogowe. Gambit Opolski 2005 określa główne cele poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego:

- zredukowanie do 2013 roku zabitych osób do liczby nie większej niż 80,
- zmniejszenie strat materialnych,
- zredukowanie liczby rannych do 1200 osób w 2013 roku.

Cele te można osiągnąć poprzez równoległe działania ukierunkowane na poprawę infrastruktury drogowej i na zachowania użytkowników dróg.

Zadania dotyczące infrastruktury drogowej będą obejmować:

- przebudowę rozwiązań geometrycznych dróg i skrzyżowań, przejść dla pieszych, oznakowanie i oświetlenie spełniające wymagania widoczności,
- poprawę organizacji ruchu, w tym czytelność i widoczność rozwiązań drogowych,
- inne systemowe działania realizowane w skali województwa, w tym programy pilotażowe wynikające z programów krajowych.

Spotkanie Opolskiej Wojewódzkiej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego na Politechnice Opolskiej nie jest przypadkiem, lecz poszukiwaniem jak korzystać z dorobku naukowego w zakresie działań na rzecz zmniejszenia liczby ofiar wypadków i poprawy bezpieczeństwa na drogach województwa opolskiego.

Niniejszy zeszyt jest wynikiem współpracy Opolskiej Wojewódzkiej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego z pracownikami naukowymi Katedry Pojazdów Drogowych i Rolniczych Politechniki Opolskiej. Zawiera również opracowanie będące efektem współpracy obu gremiów z Wyższą Szkołą Policji w Szczytnie.

Kierownik Katedry PDiR
dr hab. inż. Jerzy Jantos, prof. PO

Sekretarz OWR BRD
mgr Henryk Dojka

WŁODZIMIERZ KOTOWSKI,
ANDRZEJ AUGUSTYNOWICZ
Politechnika Opolska

CIEPŁEM ZIEMI UWALNIA SIĘ JUŻ DROGI I MOSTY OD ŚNIEGU ORAZ LODU

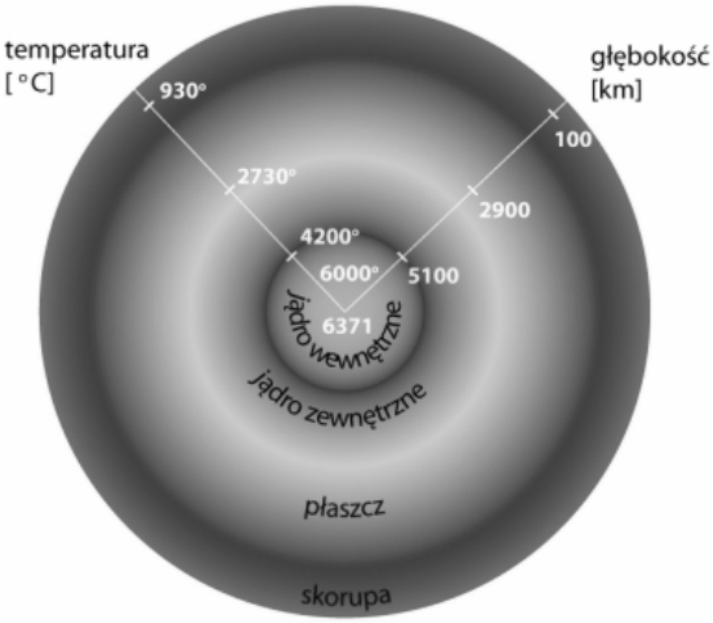
Energia geotermalna w minimalnej wciąż jeszcze skali jest wykorzystywana przez ludzkość od tysiącleci – głównie w postaci gorącej wody – dla celów gospodarczych. Tymczasem kraje wysoko rozwinięte, a ostatnio zwłaszcza Niemcy stosują energię geotermalną – i to przy relatywnie niewielkich kosztach – do ogrzewania wybranych, najbardziej niebezpiecznych odcinków dróg i mostów, by utrzymać je w zimie w stanie wolnym od śniegu oraz lodu. W niniejszej publikacji przedstawiono konkretne rozwiązania, z których mogłyby skorzystać krajowe służby drogowe do zastosowania na najbardziej niebezpiecznych odcinkach drogowych i mostach.

1. WPROWADZENIE

Podczas każdej kolejnej zimy lód oraz śnieg nie tylko utrudniają ruch drogowy wszelkim pojazdom, ale w dodatku czynią go wysoce niebezpiecznym (rys.1). Tylko w zimie roku 2002 na terenie Niemiec ogólne straty w wypadkach drogowych wyniosły 33,8 mld €. Już nie jest utopią marzenie ogrzewania dróg i mostów ciepłem geotermalnym, zapewniającym roztapianie będących na nich śniegu i lodu. Od wielu lat stosują go służby drogowe w USA, Szwajcarii czy Holandii, a ostatnio wdraża się tę technologię na terenie Nadrenii Północnej-Westfalii, RFN [3]

Ciepło wnętrza naszej Ziemi w części jest pozostałością z okresu jej tworzenia się sprzed około 4,5 miliardów lat, a w niemałym stopniu wydziela się nieustannie podczas samorzutnego, radioaktywnego rozpadu najcięższych pierwiastków. Nasza przestrzeń życia na powierzchni Ziemi jest oddzielona od jej wnętrza cienką skorupą o grubości do 100 km, pod którą znajduje się relatywnie gruby – na około 2900 km – płaszcz. Pod nim jest zewnętrzny pierścień jądra, wypełniony płynnym żelazem, a w samym środku naszej planety znajduje się wewnętrzny rdzeń z zestalonego, powyższego pierwiastka. Ich wspólny promień, osiąga głębokość 5100 km. Panuje tam temperatura w granicach 4200 – 6000°C. Aż 99% naszej planety osiąga temperaturę powyżej 1000°C, natomiast jej reszta w 99% bywa nagrzana do ponad 100°C (rys. 2) [5, 6]. Na głębokości 1 km skorupy naszej planety panuje temperatura 35 - 45°C. Jak widać z tych danych we wnętrzu naszej Ziemi jest ogromna ilość ciepła geotermalnego, będącego do dyspozycji kolejnych pokoleń. Rozliczne wulkany oraz gejzery, głównie w Islandii, są tego dowodem.

Rys. 1. Zimowe utrudnienia w ruchu na autostradzie [3]



Rys. 2. Temperatury we wnętrzu Ziemi [5]

XXI wiek to dążenie większości państwa świata, a w szczególności krajów Unii Europejskiej do zrównoważonego rozwoju gospodarczego, w którym cele ekonomiczne będą tworzyły wspólną całość z ochroną środowiska naturalnego i ochroną zasobów kopalin. W związku z powyższym prowadzone są również badania dla obszaru Polski. Porównując zasoby geotermalne trzynastu państw europejskich w Polsce mieszczą się one w przedziale wartości średnich i wynoszą 2,9 x 1017 J/km^2, podobnie jak w Hiszpanii, Portugalii czy Wielkiej Brytanii.

W Nadrenii Północnej-Westfalii, RFN, stosowne działania badawczo-wdrożeniowe zostały zrealizowane przez następujące firmy: Deutsche Montan Technologie GmbH - Essen, Polydynamics Engineering - Zürychu i Schuβler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH - Düsseldorf. W szczegółowych analizach procesowo-ekonomicznych wykazano, że koszty inwestycyjne dla najbardziej niebezpiecznych odcinków dróg i mostów okazują się niższe od ponoszonych strat w wypadkach samochodowych w zimie. Dziś wdrożoną technologię wykorzystuje się również podczas letnich upałów, chłodząc nawierzchnie bitumiczne. Stąd globalne, syntetyczne określenie tych działań skrótem „GeoVersi" (Geothermie sorgt für Verkehrssicherheit – co w naszym języku brzmi: Geotermia dba o bezpieczeństwo ruchu drogowego) [7].

W niniejszej rozprawie wykazano możliwości oraz szanse określonych działań, zapewniających utrzymanie drogowych szlaków komunikacyjnych z ich mostami w stanie wolnym od śniegu i lodu w okresach zimowych.

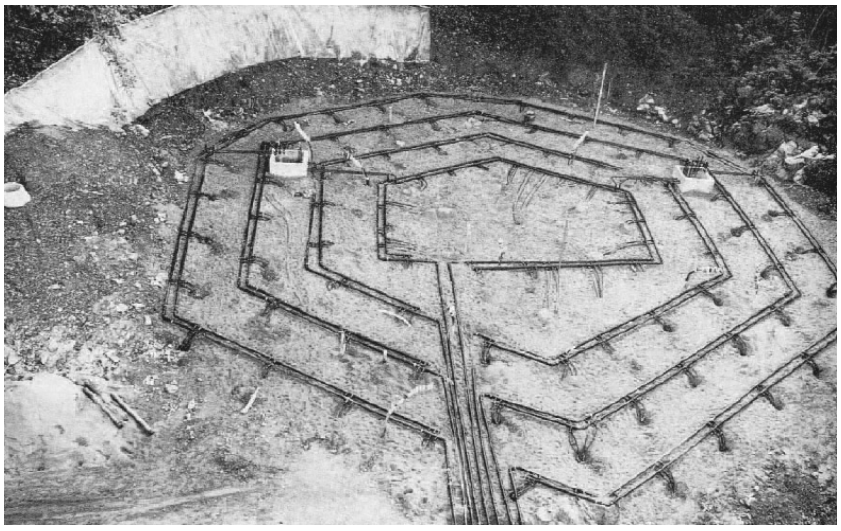
2. PRZYKŁADY USPRAWNIANIA SZLAKÓW KOMUNIKACYJNYCH [1, 3]

Prezentowane poniżej działania procesowo-techniczne umożliwiają ponadto chłodzenie asfaltowych nawierzchni drogowych w okresie letnich upałów dla eliminowania tworzenia się kolein w warstwie bitumicznej. Absorbowane w tej technologii ciepło promieniowania słonecznego zostaje zmagazynowane w podziemnych zasobnikach, co uefektywnia topnienie lodu oraz śniegu na nawierzchniach drogowych zimą. Cała instalacja ogrzewania zimą i chłodzenia latem nawierzchni dróg komunikacyjnych składa się z czterech następujących systemów:

- elementów grzewczo-chłodniczych, zainstalowanych w konstrukcję dróg (również na mostach i wiaduktach).
- czujników i przetworników, które na bazie pomiarów parametrów powietrza (temperatura, wilgotność) nad drogą, jak i temperatury nawierzchniowej warstwy bitumicznej zapewniają płynne działania urządzeń regulacyjno-pomiarowych obiegu nośnika ciepła.
- pomp nośnika ciepła i sieci jego kolektorów przepływowych.
- źródła ciepła.

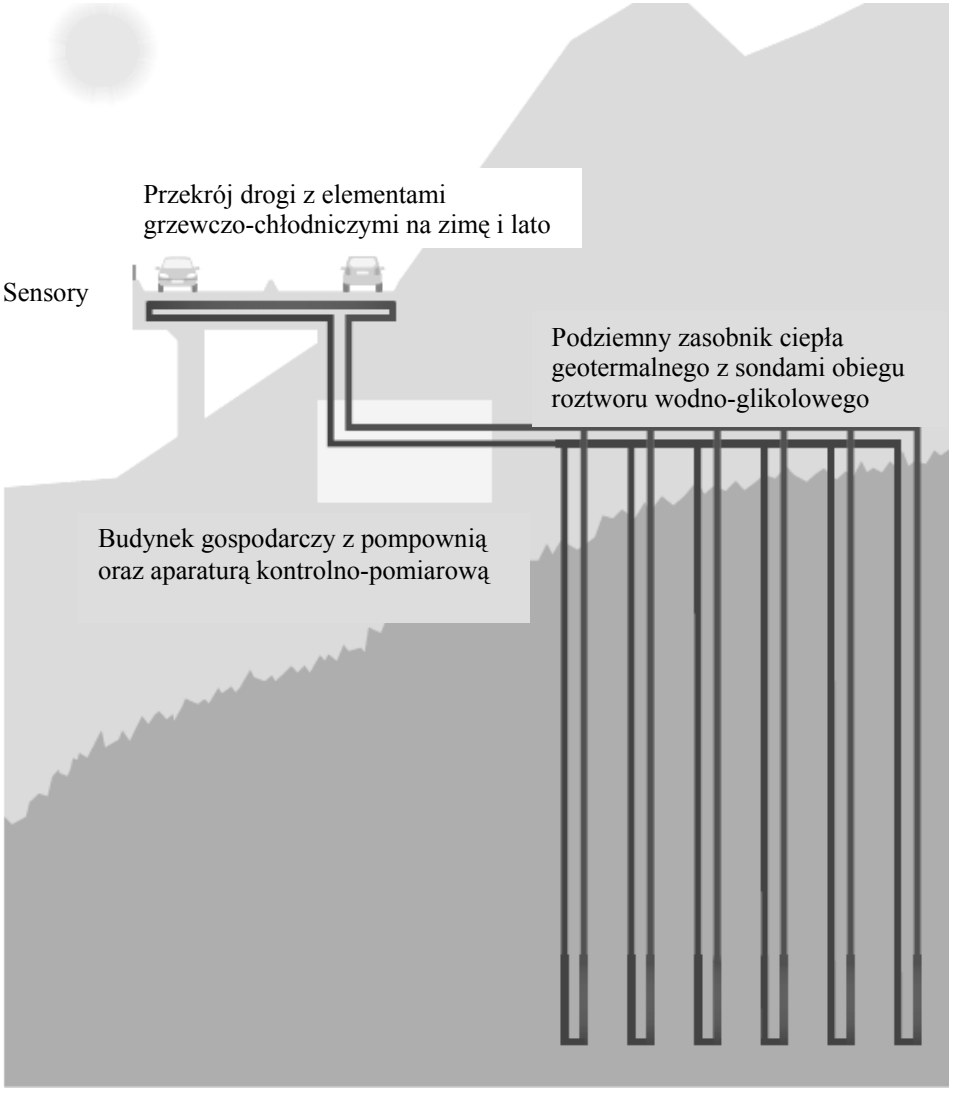
W omawianej technologii źródłem ciepła jest energia geotermalna. Część tego ciepła pochodzi z promieniowania słonecznego, gromadzonego w podziemnym zasobniku.

Aby skorzystać z ciepła ziemi stosuje się liczne sondy, wykonane ze stalowych rur współśrodkowych, instalowanych pionowo w ziemi na głębokości około 65 metrów. Sonda składa się z dwóch rur współśrodkowych: wewnętrzną dopływa nośnik ciepła, a pierścieniem między rurą środkową oraz rurą zewnętrzną odpływa roztwór wodno-glikolowy. Ich kolektory dopływu oraz odpływu nośnika ciepła układa się współpierścieniowo (rys. 3) [1, 3].



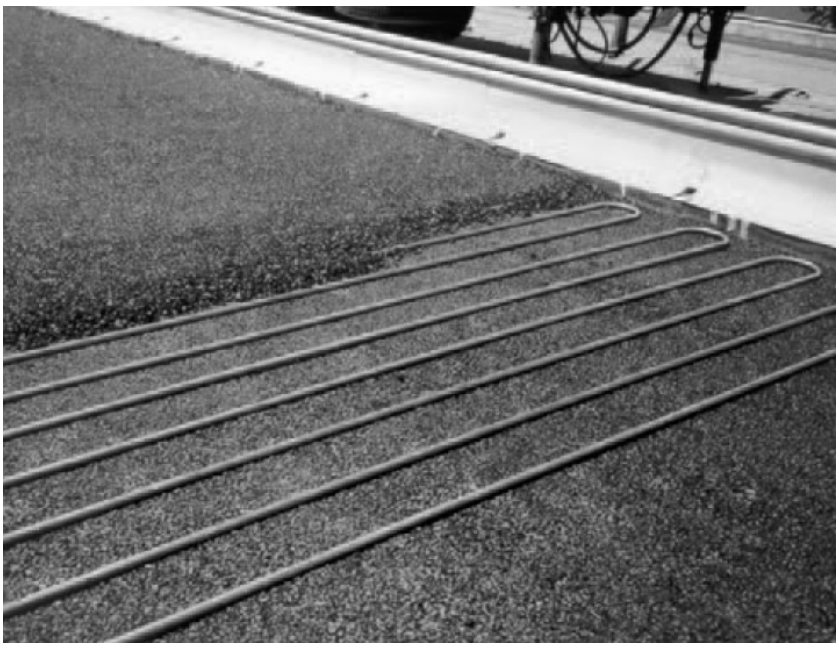
Rys. 3. Górna część podziemnego zasobnika ciepła z fragmentami czterech pierścieni kolektorów obiegu roztworu wodno-glikolowego przez sondy o długości (głębokości) 65 metrów [1,3].

Jak już wspomniano wyżej, nośnikiem ciepła jest roztwór wodno-glikolowy, którego właściwości fizykochemiczne są identyczne z płynem, stosowanym do chłodzenia silników samochodowych. Schemat całej instalacji grzewczo-chłodniczej nawierzchni dróg z podziemnym zasobnikiem energii geotermalnej ilustruje rysunek 4. Obieg nośnika ciepła między rurami grzewczo-chłodniczymi pod warstwą bitumiczną, ale na izolacji drogi z betonowym podkładem (rys. 5), poprzez pompownię w budynku gospodarczym i przez sondy w zasobniku podziemnym energii geotermalnej jest układem zamkniętym – bez zbiornika buforowego. Jeżeli jednak zrezygnuje się z letniego chłodzenia nawierzchni dróg i mostów – a zatem nie będzie gromadzenia ciepła słonecznego w podziemnym zasobniku energii geotermalnej – to może wystąpić konieczność dobudowy pompy ciepła, co ilustruje rysunek 6.



Rys. 4. Schemat procesowo-techniczny instalacji grzewczo-chłodniczej nawierzchni dróg i mostów zimą oraz latem z roztworem wodno-glikolowym w obiegu [1, 3]

Omawianym systemem grzewczo-chłodzącym objęto między innymi nawierzchnię mostu autostrady A-8 w Därligen, co ilustruje rys. 7. Tu nawierzchnia grzewczo-chłodząca wynosi 1300 m^2, a rury tego systemu wykonano ze stali szlachetnej. Rurociągi grzewczo-chłodzące znajdują się 7 cm poniżej powierzchni warstwy bitumicznej, co uwidacznia rys. 4.

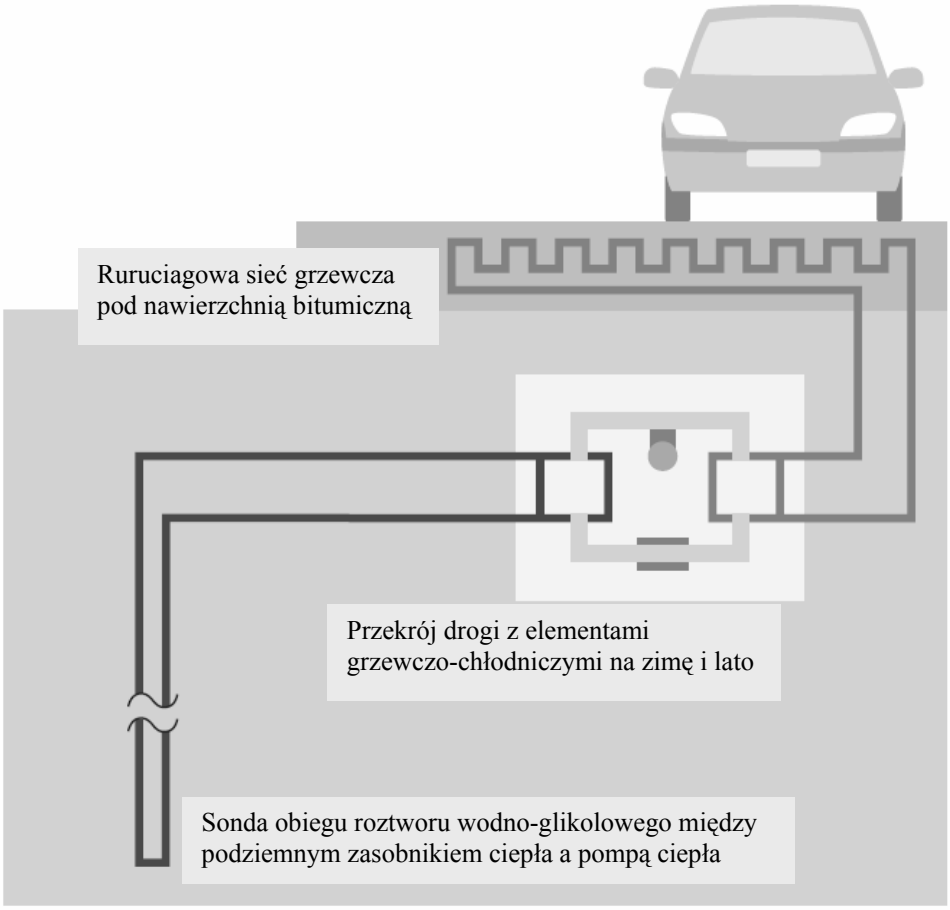


Rys. 5. Układanie rur grzewczo-chłodniczych pod nawierzchnią bitumiczną na izolacji podkładu betonowego drogi nr A-8 na moście w Därligen [1, 3]

Kolektory tej sieci grzewczo-chłodzącej przeprowadzono oczywiście przez budynek gospodarczy i jego pompy obiegu roztworu wodno-glikolowego wraz z aparaturą kontrolno-pomiarową. Budynek ten jest ponadto połączony kolektorem dopływowym i identycznym odpływowym z podziemnym zasobnikiem ciepła geotermalnego. Jego powierzchnię wypełniają cztery pierścieniowe kolektory dopływu i odpływu nośnika ciepła z sond, każda o długości 65 metrów. Objętość ziemi tego zasobnika ciepła wynosi 55000 m^3.

Dzięki systemowi grzewczo-chłodniczemu w okresach zimy oraz lata nie potrzeba tu pompy ciepła, lub innego źródła zewnętrznego dogrzewania cyrkulującego roztworu wodno-glikolowego.

W okresie letnim temperatura w omawianym zasobniku ciepła jest o 3°C wyższa od otaczającego podłoża, ale nie przewyższa 20°C. W przeciętnym okresie letnim magazynuje się ciepło, w tym podziemnym zasobniku, w ilości odpowiadającej 140 megawatogodzin. Z tego 1/3 traci się do gruntu, otaczającego podziemny zasobnik energii geotermalnej.



Rys. 6. Schemat instalacji zimowego ogrzewania nawierzchni drogi ciepłem geotermalnym przy użyciu pompy ciepła [1,3]

Tak latem, jak i zimą instalacja grzewczo-chłodnicza włącza się automatycznie, a natężenie cyrkulującego roztworu wodno-glikolowego jest sterowane komputerem w zależności od temperatury i zawilgocenia powietrza nad powierzchnią drogi oraz temperatury jej warstwy bitumicznej. W najostrzejszych zimach ogrzewanie nawierzchni omawianego mostu nie przewyższało dotychczas (od 1994 roku) 110 megawatogodzin ciepła rocznie. Dotychczasowa praktyka wykazała, że racjonalny odzysk ciepła z letniego chłodzenia wybranych odcinków dróg oraz mostów zabezpiecza potrzeby zimowego ich ogrzewania poprzez podziemny zasobnik.

Rys. 7. Most w Därligen (RFN) z instalacją grzewczo-chłodniczą jego nawierzchni jako fragmentu autostrady A-8 [1,3]

3. PODSUMOWANIE

Globalna analiza omawianego przedsięwzięcia, tak w zakresie techniczno-ekonomicznym, jak i poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego wraz z efektami ekologicznymi (odpada posypywanie solą zalodzonych i zaśnieżonych dróg, itp.) przynosi wszechstronne korzyści. W nakładach inwestycyjno-eksploatacyjnych są również wyniki dodatnie w stosunku do wyeliminowanych strat w następstwie kraks samochodowych z powodów klimatycznych.

LITERATURA

[1] Geothermie sorgt für Verkehrsicherheit. Titel der Studie nr 14, 03/2006. Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Abteilung Straßeninfrastruktur und Straßenverkehr.
[2] GÓRECKI W., SOWIŻDŻAŁ A., HAJTO M.: Energia geotermalna energią przyszłości, Kwartalnik GLOBEnergia 2/2007.
[3] KOLKS W., MARZAHN G., SPRINKE P.: Eisfrei mit Erdwärme. Die Geothermie könnte auf unseren Straßen im Winter für mehr Verkehrssicherheit sorgen. Deutsches IngenieurBlatt Jg.: 14, Nr 3, 2007
[4] KOTOWSKI W.: Geotermalne grzanie... dróg, Miesięcznik ENERGIA - GIGAWAT 8-9/2007.

[5] www.biomasa.org – serwis poświęcony zmianom klimatycznym i odnawialnym źródłom energii
[6] www.geothermal.marin.org - Geothermal Education Office
[7] www.geoversi.nrw.de - Geothermie sorgt für Verkehrssicherheit

APPLICATION OF EARTH HEAT FOR SNOW AND ICE MELTING ON ROADS AND BRIDGES

Summary

Geothermal energy has been applied for thousands of years by the humankind for household purposes, mainly in the form of hot water. In Poland, the scale of the use of geothermal energy is still inconsiderable. Concurrently, the countries with a better technology have applied geothermal energy for the heating of selected, the most hazardous stretches of roads and bridges in order to maintain them in the condition of being free of snow and ice. Surprisingly, this is not associated with huge cost outlay. This paper presents particular solutions to be applied by domestic road maintenance services for the application in the most hazardous stretches of roads and bridges.

JAN SKŁADZIEŃ
Politechnika Opolska

EKOLOGICZNE ASPEKTY ROZWOJU TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO

W pracy przedstawiono główne aspekty negatywnego wpływu motoryzacji na środowisko. Uwzględniono przy tym skumulowany wpływ tego oddziaływania obejmujący całość skutków wynikających z produkcji i eksploatacji samochodów. Szczególną uwagę poświęcono emisji substancji szkodliwych do powietrza atmosferycznego oraz metodom ograniczania tych emisji. Wspomniano także o alternatywnych, elektrycznych napędach samochodowych.

1. WPROWADZENIE

Jedną z podstawowych cech obecnej fazy rozwoju cywilizacyjnego ludzkości jest bardzo duże i wciąż rosnące zapotrzebowanie na paliwa i inne nośniki energii. Paliwa kopalne i inne pierwotne źródła energii oraz coraz częściej obecnie wykorzystywane biopaliwa służą głównie do:
- wytwarzania energii elektrycznej,
- zaspokajania szeroko rozumianych potrzeb grzewczych i komunalnych (w tym także w sektorze rolniczym),
- zaspokajania zapotrzebowania przemysłowego,
- zapewnienia energii dla środków transportu.

Do zaspokojenia wszystkich wymienionych potrzeb korzysta się ze źródeł energii, które można ogólnie podzielić na następujące grupy:
- klasyczne paliwa węglowodorowe, w tym
  - węgiel kamienny i brunatny,
  - ropa naftowa,
  - gaz ziemny,
- rozszczepialne paliwa jądrowe,
- odnawialne źródła energii pochodzenia geotermalnego,
- odnawialne źródła energii pochodzenia słonecznego, w tym
  - energia wodna,
  - energia wiatrowa,
  - biomasa,
  - energia promieniowania słonecznego wykorzystywana bezpośrednio.

Źródłem energii, dostarczającym najwięcej jednostek energetycznych w skali ogólnoświatowej, jest obecnie ropa naftowa, która zaspokaja energetyczne potrzeby ludzkości w ok. 35% (udział węgla to 24%, gazu ziemnego 21%, paliwa jądrowego 6%, a źródeł odnawialnych wraz z „dużą" energetyką wodną

to 14%). Oczywiście ropa naftowa, po przetworzeniu, wykorzystywana jest przede wszystkim w sektorze transportowym, stanowiąc podstawowe paliwo samochodowe, a w mniejszym stopniu także lotnicze, kolejowe oraz okrętowe. Spalanie paliw węglowodorowych, to nie tylko wyczerpywanie zasobów naturalnych i pozbawianie przyszłych pokoleń możliwości korzystania z nich, ale także emisja do otoczenia szeregu substancji szkodliwych bezpośrednio lub mogących stanowić zagrożenie w dłuższym horyzoncie czasowym. Z tego powodu powszechnie sprowadza się ekologiczne aspekty korzystania z transportu drogowego do szkodliwego wpływu wynikającego z emisji substancji zawartych w spalinach samochodowych. Wpływ ten ma oczywiście duże oraz trudne do przecenienia znaczenie i dlatego obecnie podstawowym kryterium przy wprowadzaniu do eksploatacji nowego typu silnika samochodowego jest kryterium ekologiczne, czyli „czystość" jego pracy. Problem oddziaływania motoryzacji na środowisko jest jednak znacznie bardziej złożony i jego istotę w pełni może zaprezentować jedynie analiza techniczna o charakterze skumulowanym.

2. SKUMULOWANE ODDZIAŁYWANIE MOTORYZACJI NA ŚRODOWISKO

Aby scharakteryzować skumulowane (dawniej używano zamiast tego słowa terminu „ciągnione") oddziaływanie motoryzacji na środowisko, należy rozpatrzyć całość procesów od momentu rozpoczęcia produkcji materiałów i elementów składowych samochodu, poprzez etapy jego eksploatacji, aż do całkowitego zneutralizowania wszystkich efektów jego istnienia oraz wycofania z eksploatacji. W skrócie i z pewnym przybliżeniem skumulowane oddziaływanie sektora samochodowego na środowisko można zatem podzielić na następujące elementy:

- oddziaływanie wytwórców samochodów oraz części i materiałów do nich,
- oddziaływanie sektora paliwowego i wytwarzającego materiały eksploatacyjne,
- oddziaływania będące efektem użytkowania samochodu, w tym:
  - wynikające z infrastruktury drogowej,
  - wynikające z czynności obsługowo – eksploatacyjnych i naprawczych,
  - wynikające z pojawiania się zużytych części i wraków samochodowych,
  - wynikające bezpośrednio z ruchu samochodu, a są to głównie:
    - x zanieczyszczenia oparami paliwa, głównie benzyny,
    - xx zanieczyszczenia produktami zużycia, np. ogumienia,
    - xxx „zanieczyszczenie" środowiska hałasem,
    - xxxx zanieczyszczenie środowiska (powietrza atmosferycznego) spalinami.

Bardzo często wspominając o motoryzacyjnym skażeniu środowiska, a nawet ogólnie o wpływie motoryzacji na środowisko, rozpatruje się jedynie

ostatni z wymienionych aspektów. Jest on niewątpliwie bardzo istotny, nie należy jednak pomijać innych oddziaływań, które – zwłaszcza lokalnie – mogą być bardzo dokuczliwe.

Jako pierwsza pozycja w przedstawionym wykazie figuruje produkcja materiałów stosowanych w samochodach, produkcja części samochodowych i wreszcie finalna produkcja samochodów. Współczesne montownie pojazdów samochodowych są na ogół obiektami bardzo przyjaznymi dla środowiska, ale montownie te zużywają nieraz znaczne ilości energii elektrycznej oraz materiałów, np. blach do elementów karoserii, których produkcja może być dla środowiska dość uciążliwa. Do produkcji samochodu potrzeba ponadto części zawierających np. metale kolorowe, szkło, tworzywa sztuczne, materiały specjalne – zwłaszcza w elementach elektronicznych, a ich wytwarzanie może być dla środowiska nieraz bardzo szkodliwe. W ujęciu skumulowanym zaś negatywne oddziaływanie na środowisko hut żelaza i metali nieżelaznych, hut szkła, sektora chemicznego, energetycznego, a cofając się „wstecz", także wydobywczego, oraz wielu innych zakładów wytwórczych w odpowiednich proporcjach obciąża proces wytwarzania pojazdów samochodowych. Powiązania wytwórcze pomiędzy tymi zakładami mają tu oczywiście bardzo złożoną i wielostronną postać, a pełne ich przeanalizowanie stanowi niezwykle złożony problem.

Sektor paliwowy to wydobycie surowca paliwowego pierwotnego, jego transport, przetwarzanie i wreszcie transport gotowego paliwa. W praktyce spośród wymienionych elementów za najbardziej uciążliwe dla środowiska uważane są rafinerie przetwarzające ropę naftową, które nie tylko zanieczyszczają środowisko za pośrednictwem instalacji technologicznych, ale które także często współpracują z dużymi instalacjami energetycznymi, na ogół o charakterze skojarzonym. Bardzo poważnym zagrożeniem dla środowiska może być jednak sektor transportowy. Katastrofy tankowców przewożących ropę naftową były już wielokrotnie przyczynami niezwykle poważnych katastrof ekologicznych, a to także w znacznym stopniu obciąża sferę samochodową.

Aby można było w pełni korzystać z możliwości, jakie daje posiadanie pojazdu samochodowego, trzeba mieć do dyspozycji odpowiednie drogi i arterie komunikacyjne wraz z towarzyszącą im infrastrukturą, przede wszystkim w postaci sieci stacji paliwowych. Szczególnie kontrowersyjnym elementem są tu autostrady, które z wielu względów stanowią dla otoczenia obiekt wręcz wrogi. Autostrady są przede wszystkim „przegrodami" przecinającymi teren i odgradzającymi od siebie części tworzące uprzednio jedną całość, np. biocenozę leśną. Z drugiej jednak strony autostrady to przy odpowiednio dużej intensywności ruchu samochodu po prostu konieczność. Ich brak w takich warunkach powoduje m.in. większy stres u kierowców i większe ich zmęczenie, co zwiększa prawdopodobieństwo wypadków, ale i wpływa ujemnie na samopoczucie, a więc także w pewnym stopniu na jakość życia.

Kolejnymi obiektami związanymi z motoryzacją i mogącymi w istotny sposób szkodliwie oddziaływać na środowisko są warsztaty oraz punkty usługowe wykonujące czynności obsługowo-eksploatacyjne i naprawcze. Jeszcze do niedawna wpływ tych obiektów na środowisko był w warunkach polskich bagatelizowany. Tymczasem obiekty te niewłaściwie zorganizowane i eksploatowane mogą być dla bezpośredniego otoczenia bardzo kłopotliwe. Zakłady takie, np. myjnie samochodowe, lakiernie, punkty wymiany oleju i wiele innych powinny tak działać, aby do środowiska nie przedostawały się szkodliwe odpady – zużyte oleje, smary, płyny silnikowe i hamulcowe, zużyte opony i inne części oraz wyposażenie samochodów, ale także by nie występowała emisja do otoczenia zanieczyszczonego powietrza. W pewnych przypadkach, np. w lakierniach, jest to problem niezwykle istotny. Należy przy tym dążyć do maksymalnie użytecznego zagospodarowania zużytych materiałów i z tym w warunkach polskich są duże, nie mające racjonalnego uzasadnienia, trudności. Istnieją np. możliwości całkowitego zagospodarowania zużytych olejów i smarów (specjalizuje się w tym rafineria Jedlicze), jednak ich zbieranie i odstawianie do przerobienia ma miejsce w minimalnym stopniu.

Coraz większym problemem stają się nie tylko zużyte materiały i części samochodów, ale także wraki, czyli pojazdy samochodowe całkowicie wycofane z eksploatacji. Wraki takie powinny być po rozbiórce odpowiednio zagospodarowane, przy czym w przypadku zużytych części i materiałów należy przestrzegać dość oczywistej kolejności:

- Jeśli to tylko możliwe to zużyte części samochodowe należy regenerować i ponownie wykorzystywać (czyli stosować ich recykling).
- Zużyte materiały, jak też substancje z zużytych części, powinny być ponownie wykorzystywane jako źródła nowych materiałów; dotyczy to np. zregenerowanych olejów, przetopionych (i uszlachetnionych) ponownie metali lub przetworzonych i „zawróconych" innych materiałów.
- Jeśli nie ma innej możliwości, to zużyte materiały należy traktować jako źródła energetyczne, których utylizacja jednak może być dość – a nawet bardzo – kłopotliwa; np. zużyte opony lub inne elementy gumowe mogą być spalane tylko w specjalnie przystosowanych paleniskach kotłowych lub w spełniających specjalne warunki piecach przemysłowych. Spalanie zużytych olejów i smarów z kolei nie powinno mieć miejsca bez specjalnych systemów do oczyszczania spalin.
- Ostatecznością, z której należy korzystać tylko, gdy nie ma innej możliwości, jest przekazywanie odpadów motoryzacyjnych do ogólnych składowisk substancji odpadowych.

Negatywne skutki ekologiczne wynikające bezpośrednio z ruchu samochodu mają też zróżnicowaną postać. Zanieczyszczanie powietrza oparami paliwa, głównie benzyny, stanowiło jeszcze nie tak dawno realny problem. Świadczą o tym m.in. przepisy budowlane, które wprowadzały określone ogra-

niczenia. Wynikało to stąd, że uwalnianie niewielkich ilości oparów benzynowych w „starych" samochodach dość często miało miejsce i było nieraz uciążliwe. Z tego m.in. powodu do prawa budowlanego został wprowadzony zapis precyzujący dodatkowe warunki, jakie muszą spełniać lokalizacje garaży i wjazdy do nich w domach mieszkalnych. W chwili obecnej, w przypadku współczesnych, odpowiednio zadbanych samochodów, problem ten w zasadzie się nie pojawia. W dalszym ciągu natomiast ma miejsce emisja pochodząca ze zużytych elementów, głównie ze ścierających się opon oraz elementów hamulców i sprzęgieł. W chwili obecnej jednak emisje te mają coraz mniejsze znaczenie i nie stanowią raczej większego problemu, tym bardziej że ze względów ekologicznych ścierające się elementy nie mogą zawierać substancji uważanych za szkodliwe, np. azbestu. Problemem stają się natomiast emisje hałasu, którego znaczenie zaczyna być w coraz większym stopniu brane pod uwagę. W chwili obecnej hałas jest już coraz częściej uważany za formę „zanieczyszczania" środowiska, a problem ograniczania emisji hałasu staje się coraz bardziej istotny. Świadectwem tego jest – oczywiście bardzo uzasadnione – instalowanie ekranów akustycznych oraz ciągłe naciski na dalsze zabudowywanie takich ekranów.

Spośród wszystkich wymienionych wcześniej (choć z pewnością zamieszczonych na liście, która zawiera nieuniknione luki) negatywnych oddziaływań motoryzacji na środowisko specjalnego omówienia, wymagają, co oczywiste, emisje do powietrza atmosferycznego substancji szkodliwych zawartych w spalinach samochodowych. Emisje te jednak wymagają analiz uwzględniających rodzaje silników samochodowych oraz ich postać.

3. RODZAJE SILNIKÓW SPALINOWYCH TŁOKOWYCH

Podstawowym źródłem napędu pojazdów samochodowych są obecnie, i prawdopodobnie przez długi czas jeszcze będą, silniki spalinowe tłokowe (SST). Silniki te są jednymi z najdoskonalszych urządzeń energetycznych stworzonych przez ludzkość. Ma w nich bowiem miejsce zamiana energii chemicznej paliwa na pracę mechaniczną poprzez łączną realizację złożonych procesów chemicznych (spalanie paliwa) oraz fizycznych (przemiany gazowe). W innych układach, jak np. w siłowni parowej lub w zespole turbiny gazowej, poszczególne procesy realizowane są w różnych elementach składowych tych urządzeń. W dodatku sprawności współczesnych SST są bardzo wysokie i w przypadku dużych silników wolnobieżnych uzyskują wartości dochodzące do 52%, podczas gdy najnowocześniejsze siłownie parowe, stanowiące mechaniczno-cieplną część napędową elektrowni, uzyskują sprawności nieznacznie przekraczające 45%, zaś układy z turbinami gazowymi mają sprawności jeszcze mniejsze.

Z punktu widzenia cyklu pracy wszystkie SST można podzielić na dwusuwowe oraz czterosuwowe. SST dwusuwowe mają zdecydowanie prostszą budowę i – teoretycznie – do dwóch razy większą moc przy tych samych wymiarach i obrotach. Silniki takie były stosowane po raz ostatni w wartburgach, trabantach i syrenach, a po zaprzestaniu wytwarzania tych pojazdów nie znalazły zastosowania w samochodach. Były próby wprowadzenia na rynki światowe małych samochodów osobowych z silnikami dwusuwowymi nowego typu, nie zakończyły się one jednak powodzeniem. W chwili obecnej takie jednostki z zapłonem iskrowym są wykorzystywane jedynie jako jednostki napędowe o bardzo małych mocach, a w przypadku zapłonu samoczynnego stosuje się je tam, gdzie szczególnie istotny jest niski koszt oraz prostota obsługi silnika.

Z uwagi na sposób zasilania silnika oraz organizację procesu spalania wszystkie SST dzielą się na dwie podstawowe grupy: SST z zapłonem iskrowym (ZI), zasilane benzyną lub paliwem gazowym, „niskoprężne" oraz SST z zapłonem samoczynnym (ZS), wysokoprężne, zasilane olejem napędowym. Podział ten jest bardzo istotny z uwagi na emisje szkodliwe zawarte w spalinach samochodowych oraz na możliwości ograniczania tych emisji.

Jednostki napędowe w postaci SST ZI mogą być zasilane mieszanką paliwowo-powietrzną wytwarzaną w gaźniku, bądź też mają układ do zasilania wtryskowego paliwem. Pierwszego typu system zasilania w silnikach samochodowych nie jest już stosowany, a jednym z ostatnim samochodów w skali światowej z takim silnikiem był „mały" fiat, przy czym rezygnacja z takich silników była wywołana przede wszystkim względami ekologicznymi. W przypadku sterowanego elektronicznie zasilania wtryskowego paliwo pod niezbyt wysokim ciśnieniem jest wprowadzane do powietrza w części zewnętrznej silnika lub do wnętrza cylindrów. Wtrysk zewnętrzny może mieć postać jednopunktową i wówczas paliwo jest wprowadzane do powietrza w głównym przewodzie dolotowym tego utleniacza lub wielopunktową i wtedy paliwo jest wtryskiwane do powietrza bezpośrednio przed każdym cylindrem. Wtrysk wielopunktowy wymaga bardziej złożonego układu zasilania, umożliwia jednak dokładniejsze sterowanie składem mieszanki paliwowo-powietrznej, co korzystnie wpływa na pracę silnika. W chwili obecnej coraz częściej stosowany jest system wtrysku zwany GDI (gasoline direct injection) polegający na wprowadzaniu paliwa bezpośrednio do powietrza znajdującego się wewnątrz cylindrów. W przypadku silników samochodowych ZS z kolei we współczesnych rozwiązaniach układu zasilania wykorzystuje się system o nazwie common rail**.** Nazwa pochodzi od przewodu umieszczonego z reguły nad silnikiem, w którym znajduje się olej napędowy pod niezwykle wysokim ciśnieniem. W momencie wtrysku paliwa otwiera się sterowany elektronicznie zawór na jednym z połączeń wspomnianego przewodu z wtryskiwaczem paliwa do cylindra, bardzo precyzyjnie regulując wielkości porcji paliwa wprowadzanego obecnie zazwyczaj w kilku dawkach.

Z rodzajem paliwa, a tym samym ze sposobem jego doprowadzania i następnie spalania, związany jest parametr zwany stosunkiem nadmiaru powietrza do spalania i oznaczany powszechnie symbolem λ (lambda). Jest to iloraz ilości rzeczywiście doprowadzanego powietrza do spalania oraz minimalnej ilości powietrza niezbędnej do idealnego spalenia paliwa. Od tego symbolu pochodzi termin „sonda lambda" na określenia przyrządu pomiarowego do oznaczania zawartości tlenu w spalinach samochodowych, a tym samym do określania pomiarowo w sposób pośredni aktualnej wartości stosunku λ.

W przypadku silników ZI z punktu widzenia kierowcy najkorzystniejsze są wartości parametru λ nieznacznie mniejsze od 1. Silnik ma wtedy większą moc, a samochód większe przyspieszenie i dlatego dawniej często gaźniki były tak regulowane, aby uzyskać ten rezultat. Z punktu widzenia ekologicznego taka sytuacja oczywiście absolutnie nie powinna mieć miejsca, gdyż przy λ mniejszym od 1 występuje niedobór tlenu i w spalinach muszą pojawić się produkty nieidealnego spalania, czyli substancje palne, głównie tlenek węgla CO. Gaz ten, mogący spowodować (i nieraz rzeczywiście powodujący) śmiertelne zatrucia, w przypadku zbyt małego λ występował w spalinach w ilości kilku, a w skrajnych przypadkach nawet kilkunastu, procent. Obecnie takie sytuacje są absolutnie niedopuszczalne, a współczesne układy zasilania takie przypadki całkowicie wykluczają.

4. SUBSTANCJE SZKODLIWE W SPALINACH SAMOCHODOWYCH

Jak wynika z krótkiego opisu dwóch typów SST stosowanych obecnie w pojazdach samochodowych, proces spalania paliwa przebiega dość różnie w silnikach ZI oraz ZS. W silnikach ZI iskra elektryczna ze świecy zapłonowej powoduje zapłon powstałej wcześniej i odpowiednio przygotowanej mieszanki paliwowo-powietrznej. W przypadku silnika ZS paliwo o bardzo wysokim lub niezwykle wysokim ciśnieniu zostaje wprowadzone do wnętrza cylindra, w którym znajduje się dość mocno sprężone powietrze o podwyższonej temperaturze. W wyniku tarcia cząstek oleju napędowego o drobiny powietrza następuje ich podgrzanie, odparowanie, a następnie samozapłon. Taki przebieg procesów poprzedzających właściwe spalanie paliwa powoduje tu konieczność stosowania odpowiednio większego od 1 stosunku nadmiaru powietrza λ, podczas gdy w przypadku silników ZI można stosować λ rzędu 1.

W przypadku silników spalinowych tłokowych obu typów warunki spalania są dość trudne – proces ten zachodzi w małej objętości, przy ochładzanych ścianach komór spalania, których kształt bywa dość wyraźnie różny od optymalnego, w niezwykle krótkim czasie. Sprzyja to niekorzystnym zjawiskom powodującym powstawanie szkodliwych substancji emitowanych następnie do otoczenia. W przypadku współczesnych SST ZI w spalinach zawsze pojawiają się trzy podstawowe rodzaje substancji szkodliwych: tlenek węgla CO, węglo-

wodory C_mH_n oraz tlenki azotu NO_x. Stosowane jeszcze do niedawna i definitywnie wycofane ze sprzedaży pod koniec ubiegłego wieku tzw. etyliny były benzynami zawierającymi czteroetylek ołowiu $Pb(C_2H_5)_4$. Ich wykorzystanie wiązało się więc z emisją do otoczenia bardzo szkodliwych cząstek ołowiu. Nieco inaczej wygląda sytuacja w przypadku SST ZS. Z uwagi na nadmiar powietrza, a więc tlenu do spalania, w spalinach tlenek węgla występuje tu w śladowych ilościach i na ogół nie stanowi problemu, emitowane są natomiast węglowodory i tlenki azotu oraz dodatkowo tzw. sadza. Są to w zasadzie cząstki stałe zawierające pewną ilość pierwiastka węgla, ale także substancji popiołowych oraz skondensowanych węglowodorów. W przypadku niskiej jakości oleju napędowego może w nim pojawiać się siarka, a ściślej jej związki. Spaliny zawierają wówczas szkodliwy dwutlenek siarki z niewielkim dodatkiem bardzo szkodliwego trójtlenku SO_3. Oleje napędowe spełniające warunki narzucane przez obecne normy zawierają jednak zupełnie znikome ilości siarki i w takiej sytuacji emisja tlenków siarki nie stanowi istotnego problemu. W spalinach silnikowych mogą także pojawiać się także inne substancje szkodliwe, np. aldehydy, nie są one jednak traktowane jako istotne zagrożenie motoryzacyjne dla środowiska oraz dla organizmów ludzkich.

Motoryzacja i ogólnie transport jest tylko jednym z wielu obszarów działalności ludzkiej powodującej emisję szkodliwych substancji do otoczenia. Jest to jednak sektor o szczególnym znaczeniu. Istnieją szacunki, z których wynika, że w skali światowej udział motoryzacji w całkowitych emisjach szkodliwych spowodowanych działalnością ludzką wynosi ok. 90% w przypadku tlenku węgla CO, ok. 75% w odniesieniu do węglowodorów C_mH_n oraz ok. 40 – 50% dla tlenków azotu NO_x.

Substancje szkodliwe zawarte w spalinach samochodowych negatywnie oddziaływują na organizmy ludzkie i to jest główną przyczyną podejmowania działań zmierzających do istotnego ograniczania ich emisji. Substancje te mogą jednak też wpływać w sposób negatywny na organizmy zwierzęce oraz roślinne, powodując w tym ostatnim przypadku np. spadek plonów lub spadek przyrostu masy drzewnej w biocenozach leśnych. Istnieją także inne niepożądane efekty wprowadzania do powietrza atmosferycznego substancji szkodliwych, np. straty w elementach infrastruktury wywołane przez przyspieszoną korozję.

O szkodliwym wpływie tlenku węgla na organizmy ludzkie już wspomniano. Wpływ ten jest efektem wiązania się CO z hemoglobiną, składnikiem krwi przenoszącym tlen. Prowadzi to do tzw. głodu tlenowego, którego objawy to bóle i zawroty głowy, uczucie zmęczenia, senność, zaburzenia w pracy układu krwionośnego, a w przypadku skrajnym śmierć w wyniku niedotlenienia. Bardziej złożona sytuacja występuje przy emisji węglowodorów, które w spalinach samochodowych występują w postaci wielu związków o różnych oddziaływaniach. Niektóre grupy węglowodorów działają jedynie narkotycznie, inne powodują mdłości, zawroty głowy, utratę świadomości i także w krańcowym

przypadku śmierć. Istnieją również węglowodory o działaniu rakotwórczym. Jeszcze inaczej wygląda problem zatrucia organizmu ludzkiego przez tlenki azotu. W spalinach samochodowych w znaczącej ilości występują dwa z nich, a mianowicie tlenek NO oraz dwutlenek azotu NO_2, przy czym ten ostatni stanowi jedynie niewielką część całkowitej emisji NO_x. Nie ma to jednak większego znaczenia, gdyż w krótkim czasie po uwolnieniu spalin do otoczenia tlenek azotu wchodzi w reakcję z tlenem atmosferycznym i przechodzi w NO_2. Tlenek azotu także szybko reaguje z hemoglobiną, wywołując podobne efekty jak początkowo przy zatruciu tlenkiem węgla, potem jednak wewnątrz tkanek NO także szybko utlenia się do NO_2. Dwutlenek azotu z kolei jest uważany za substancję niezwykle toksyczną. W małych stężeniach powoduje on podrażnienie dróg oddechowych, a następnie występują uszkodzenia elementów tych dróg, pojawia się negatywne oddziaływanie na układ krwionośny i serce, na układ nerwowy, a przy silnym zatruciu śmierć, która może nastąpić nawet kilka dni po dostaniu się do organizmu tej substancji toksycznej. Całkowicie odmienna sytuacja ma miejsce w przypadku cząstek stałych, czyli tzw. sadzy. Właściwa sadza jest oczywiście nieszkodliwa dla organizmu ludzkiego, zagrożenie stanowią natomiast głównie znajdujące się na jej powierzchni wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne o właściwościach rakotwórczych, a szczególnie groźny jest tu benzoalfapiren BaP. Węglowodory, wydostające się do otoczenia wraz z sadzą, w przypadku jej braku uległyby utlenieniu w trakcie spalania paliwa wewnątrz silnika, dlatego sadza w spalinach absolutnie nie powinna się pojawiać.

Powyżej przedstawiono formy negatywnego oddziaływania na organizmy ludzkie poszczególnych pojedynczych substancji szkodliwych. W przypadku tzw. smogów natomiast występuje łączne oddziaływanie zespołu takich substancji. Sama nazwa smog pochodzi z połączenia połówek angielskich słów smoke (palić, dym) oraz fog (mgła – wilgotna, „zła"). Istnieją dwa podstawowe rodzaje smogów: londyński, przemysłowy, kwaśny, wilgotny oraz kalifornijski, motoryzacyjny, słoneczny, utleniający. Smog londyński, który pojawił się po raz pierwszy na dużą skalę w Londynie w roku 1952, spowodował przedwczesny zgon ok. 4000 osób. Smog ten powstał z połączenia spalin kotłowych i komunalnych zawierających tlenki siarki, pyły i inne zanieczyszczenia powietrza w warunkach dużej zawartości wilgoci w zachmurzonej i bezwietrznej atmosferze. Całkowicie inną postać ma smog motoryzacyjny zaobserwowany po raz pierwszy w Kalifornii w rejonie Los Angeles. Smog ten tworzą tlenki azotu oraz inne utleniacze wraz z węglowodorami, przy obecności promieni słonecznych i w warunkach braku ruchu powietrza. W takich sytuacjach pojawiają się reakcje fotochemiczne, w wyniku których tworzy się m.in. ozon O_3. Jest to gaz bardzo pożyteczny, ale na odpowiednio dużej wysokości, natomiast z uwagi na silne właściwości utleniające jest on substancją szkodliwą dla organizmów ludzkich. Zgodnie z szacunkami amerykańskimi w Kalifornii dotąd

u ponad 12 milionów osób stwierdzono problemy zdrowotne wynikające z zaistnienia tego smogu, który również wielokrotnie pojawiał się w dużych miastach europejskich. O ile smogi przemysłowe nie powinny w przyszłości stanowić problemu, o tyle smogi motoryzacyjne mogą nadal stwarzać pewne zagrożenie, mimo stosowania coraz bardziej efektywnych systemów usuwania substancji szkodliwych ze spalin samochodowych.

5. SYSTEMY USUWANIA SUBSTANCJI SZKODLIWYCH ZE SPALIN SAMOCHODOWYCH

Z uwagi na odmienny skład spalin i nieco inną postać substancji szkodliwych zawartych w spalinach SST ZI oraz SST ZS sposoby eliminacji substancji szkodliwych ze spalin wytwarzanych przez te silniki są całkowicie odmienne i tym samym całkowicie inną postać mają systemy do „oczyszczania" spalin w obu tych przypadkach.

W sytuacji samochodowych silników ZI standardem jest obecnie wykorzystanie trójfunkcyjnego konwertora katalitycznego (3FKK) zwanego potocznie katalizatorem trójfunkcyjnym (używany często termin „katalizator trójdrożny" jest bezsensowny i wywodzi się z błędnego przetłumaczenia angielskiego określenia „three-way catalytic converter"). Urządzenie to znajduje się na drodze spalin pomiędzy silnikiem i rurą wydechową, a następuje w nim degradacja trzech podstawowych rodzajów substancji szkodliwych. Tlenek węgla oraz węglowodory ulegają utlenieniu do CO_2 lub CO_2 i pary wodnej, tlenki azotu zaś podlegają redukcji do wolnego azotu i tlenu. Reakcje takie przebiegają obecnie przy sprawności ponad 90%, wymaga to jednak spełnienia warunku $\lambda = 1{,}00$. Przy mniejszym stosunku nadmiaru powietrza nie jest możliwe – co oczywiste – pełne utlenienie produktów niezupełnego spalania, przy większym zaś nie zachodzi w odpowiednim stopniu redukcja bardzo szkodliwych tlenków azotu. Tak precyzyjne dobranie ilości doprowadzanego paliwa, aby jego spalanie w silniku zachodziło przy $\lambda = 1{,}00$, jest możliwe tylko w przypadku elektronicznego sterowania wtryskiem paliwa (kierowca za pomocą pedału „gazu" wpływa jedynie na wielkość strumienia doprowadzanego do silnika powietrza). Dodatkowy impuls korygujący dawkę paliwa zostaje przesłany przez – stanowiącą tak jeszcze niedawno nowość reklamową – sondę lambda. W efekcie końcowym samochód opuszczają, w przypadku układu napędowego z SST ZI, spaliny zawierające prawie 74% azotu powietrznego, 13,5% pary wodnej, prawie 13% dwutlenku węgla oraz – w przypadku poprawnie działającego konwertora katalitycznego – znacznie poniżej 1% tlenku węgla CO i posiadające śladowe ilości węglowodorów oraz tlenków azotu.

Nieco inaczej wygląda sytuacja w przypadku samochodów z silnikami ZS. W silnikach tych zachodzi – z konieczności – spalanie paliwa przy stosunku λ wyraźnie większym od 1, np. 1,4, a nawet 2,0. Nie jest więc tu możliwe

zastosowanie 3FKK tym bardziej, że pojawia się dodatkowo problem obecności sadzy w spalinach. W celu jej usunięcia stosuje się filtry sadzowe, w których spaliny są przetłaczane przez przegrodę porowatą, która zatrzymuje cząstki stałe. Wadą tych filtrów jest ich duża masa, konieczność wypalania co pewien czas zatrzymanych cząstek „sadzy", które powodują zatykanie przegród filtrujących, a przede wszystkim brak możliwości ograniczenia emisji tlenków azotu. Spowodowało to opracowanie nowego systemu skutecznego ograniczania emisji szkodliwych w przypadku SST ZS, zwłaszcza w odniesieniu do silników samochodowych o małych mocach. System ten, wprowadzony dopiero przed kilku laty, polega na tym, że spaliny opuszczające silnik są do niego zawracane w znacznym stopniu, przekraczającym nawet 50%. Spaliny te po zmieszaniu z powietrzem do spalania „psują" przebieg procesu spalania paliwa, co powoduje wzrost emisji węglowodorów oraz sadzy. Równocześnie jednak, w wyniku pogorszenia warunków spalania i spadku maksymalnej temperatury tego procesu radykalnemu obniżeniu ulega emisja tlenków azotu. Powstałe w zwiększonej ilości węglowodory oraz sadza, przed opuszczeniem układu wydechowego, przepływają przez element dopalający, w którym w sposób katalityczny następuje – w stosunkowo niskiej temperaturze – utlenianie węglowodorów oraz dopalanie sadzy. Silniki spalinowe ZS z takim systemem oczyszczania spalin są na tyle ekologiczne, że mogą w tym zakresie skutecznie konkurować z silnikami ZI zaopatrzonymi w konwertor katalityczny 3FKK.

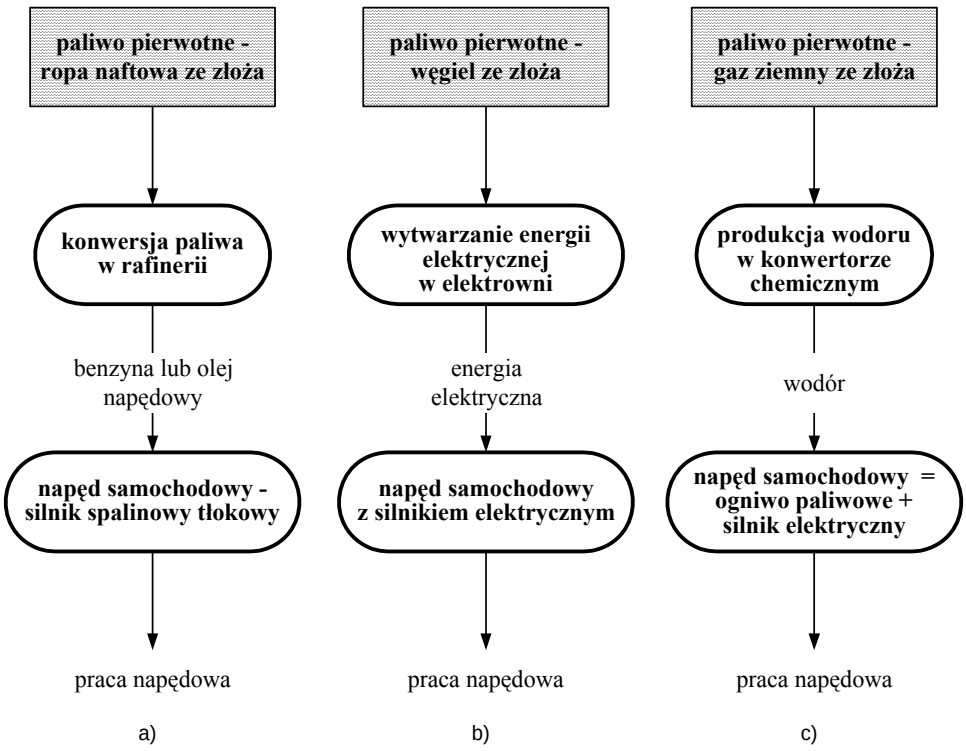
6. ALTERNATYWNE NAPĘDY SAMOCHODOWE

Ugrupowania ekologiczne oraz organizacje zabiegające o czyste środowisko naturalne (lub pozorujące takie zabiegi) często podkreślają zalety innych napędów samochodowych niż napędy z silnikami spalinowymi. W szczególności ma miejsce promowanie samochodów z napędem elektrycznym tradycyjnym oraz z ogniwami paliwowymi.

Przy analizie wpływu na środowisko i otoczenie samochodowego napędu elektrycznego tradycyjnego należy uwzględnić fazę produkcji energii elektrycznej i jej skutki ekologiczne, przy ocenie napędu elektrycznego z ogniwami paliwowymi zaś istotny jest proces produkcji wodoru. W obecnej fazie rozwoju ogniw paliwowych bowiem tylko wodór może być traktowany jako podstawowe paliwo w przypadku tych źródeł energii elektrycznej, do jego wytwarzania zaś służą w warunkach przemysłowych na ogół naturalne paliwa węglowodorowe, tj. ropa naftowa lub gaz ziemny. Skumulowany proces wykorzystania trzech różnych typów napędów samochodowych przedstawiono w bardzo wielkim skrócie na rys. 1.

W przypadku napędu klasycznego i wykorzystania paliw ciekłych straty energetyczne oraz emisje szkodliwe występują w zdecydowanej większości w samym silniku – sprawności samochodowych SST wahają się, w zależności od

rodzaju silnika, ale przede wszystkim od warunków ich pracy, od kilku do blisko czterdziestu procent. W przypadku klasycznych napędów elektrycznych samochodowy zespół napędowy jest dla środowiska niemal całkowicie obojętny, jak również znikome są w nim straty energii, prąd elektryczny jest jednak produkowany w warunkach polskich przy dość niskiej sprawności, poniżej 40%, w elektrowniach węglowych. Elektrownie takie, mimo podejmowania wielu działań chroniących środowisko, emitują jednak do otoczenia pewne ilości substancji szkodliwych, a zwłaszcza tlenków azotu i tlenków siarki. Emisje takie, co oczywiste, nie występują w przypadku elektrowni wodnych oraz jądrowych. W Polsce nie ma jednak odpowiednich warunków geograficznych do instalowania dużych elektrowni wodnych oraz – jak dotąd – warunków politycznych do budowy elektrowni jądrowych, bardzo korzystnych zarówno ze względów ekonomicznych jak też środowiskowych.



Rys. 3. Uproszczony przebieg trzech charakterystycznych samochodowych cykli energetycznych: a) klasyczny napęd za pomocą tłokowego silnika spalinowego, b) typowy napęd z silnikiem elektrycznym, c) napęd z wodorowym ogniwem paliwowym [1]

Dużo nieporozumień wiąże się z tzw. energetyką wodorową. Produkcja wodoru z wody – czyli H_2O – jest, z uwagi na podstawowe zasady termodynamiki, całkowicie energetycznie bezsensowna. W skali światowej wodór otrzymuje się głównie z ropy naftowej, przy czym skumulowana sprawność jego produkcji co najwyżej dochodzi tu do 75%. W przypadku produkcji wodoru z gazu ziemnego sprawność ta jest w warunkach polskich jeszcze niższa i wynosi ok. 50%. Jeśli uwzględni się fakt, że sprawność ogniwa paliwowego jest też rzędu 50%, to skumulowana sprawność napędu samochodowego z ogniwami paliwowymi nie jest zbyt wysoka. Ze sprawnością skumulowaną wiąże się zaś nie tylko zużycie paliw pierwotnych, czyli bogactw naturalnych, ale także emisja substancji szkodliwych, bardzo nieraz istotna w instalacjach chemicznych wytwarzających wodór.

Odmienna sytuacja występuje w przypadku tzw. układów hybrydowych, spalinowo-elektrycznych. Układy takie mają pełne uzasadnienie w przypadku napędów samochodowych z uwagi na fakt bardzo zróżnicowanych warunków eksploatacji tych napędów. W przypadku ruchu miejskiego silniki spalinowe pracują nieraz ze sprawnością wynoszącą zaledwie, jak już wspomniano, kilka procent, a zatem niemal całe zużywane paliwo spalane jest bezproduktywnie. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja, gdy samochód porusza się po szosie w sposób ustalony, z prędkością zbliżoną do optymalnej, tzn. takiej, przy której występuje minimalne zużycie paliwa, a tym samym gdy poziom emisji szkodliwych osiąga minimum. Sprawność współczesnych SST samochodowych jest wtedy na ogół większa niż skumulowana sprawność systemu: elektrownia węglowa – sieć przesyłowa prądu – elektryczny zespół napędowy w samochodzie. Odpowiednie zastosowanie układów hybrydowych, tzn. wykorzystywanie napędu elektrycznego w ruchu miejskim oraz spalinowego przy jeździe szosowej może zatem prowadzić do minimalizacji skumulowanego zużycia paliw pierwotnych i łącznych emisji szkodliwych. Dodatkowo eliminuje się te emisje w gęsto zaludnionych obszarach miejskich, a więc tam gdzie ich negatywny wpływ jest szczególnie istotny. Wadą napędów hybrydowych jest oczywiście bardziej złożona budowa, a tym samym większy ich koszt oraz większa ogólna masa.

7. WNIOSKI, UWAGI KOŃCOWE

Jak wynika z przedstawionych wcześniej informacji, w przypadku obecnie produkowanych samochodów problemy ekologiczne mają charakter priorytetowy i odpowiednie ich uwzględnienie oraz rozwiązanie stanowi podstawowy warunek dopuszczenia samochodu do ruchu drogowego. Wciąż też trwają prace nad dalszym doskonaleniem zarówno samych silników, jak i metod oraz urządzeń służących do eliminacji ze spalin substancji szkodliwych. Jednak już na obecnym etapie rozwoju sektora samochodowego odpowiednio eksploato-

wane współczesne pojazdy w minimalnym stopniu zanieczyszczają środowisko.

Przy rozpatrywaniu substancji szkodliwych emitowanych do powietrza atmosferycznego całkowicie pominięto dwutlenek węgla CO_2, który jest – obok pary wodnej H_2O – podstawowym produktem procesu spalania paliw węglowodorowych. Dwutlenek węgla, w takim stężeniu w jakim występuje on w atmosferze, nie jest substancją szkodliwą ani dla organizmów ludzkich, ani też dla innych elementów tworzących szeroko rozumiane środowisko. Gaz ten natomiast ma decydujący wpływ na tzw. efekt szklarniowy. Zjawisko to polega na tym, że krótkofalowe promieniowanie słoneczne jest przepuszczane przez powietrze atmosferyczne i po dotarciu do powierzchni Ziemi ulega częściowej absorpcji, częściowo zaś jest odbijane i wraca do przestrzeni kosmicznej. Emisja własna Ziemi o dużej długości fali z kolei jest częściowo zatrzymywana przez gazy trój- i więcej atomowe znajdujące się w powietrzu atmosferycznym, przy czym za efekt ten w przeważającej części odpowiada właśnie CO_2. Dzięki efektowi cieplarnianemu na powierzchni Ziemi panują warunki klimatyczne, które umożliwiają istnienie organizmów żywych o obecnej postaci. Podwyższenie się średniej temperatury na powierzchni Ziemi, wynikające ze wzrostu zawartości CO_2 w powietrzu atmosferycznym (a w ciągu ostatniego stulecia zawartość ta już uległa zwiększeniu o ok. 40%), może w dalszej przyszłości spowodować jednak bardzo poważne ujemne skutki. Ograniczenie emisji dwutlenku węgla w motoryzacji jest ściśle związane ze zmniejszeniem zużycia paliwa, natomiast sam problem totalnego zmniejszenia emisji CO_2 ma charakter ogólnoświatowy i w dużej mierze polityczny.

Przy rozpatrywaniu wpływu motoryzacji na środowisko pomija się z reguły problematykę wypadków samochodowych. Tymczasem wypadki te to też forma oddziaływania, ewidentnie negatywnego, pojazdów samochodowych na środowisko. W dodatku w Polsce jest pod tym względem wyraźnie niekorzystna sytuacja, wynikająca przede wszystkim z opóźnień: w rozwoju infrastruktury drogowej, w rozwoju samej motoryzacji, w powstawaniu mentalności społeczeństwa zmotoryzowanego. Ten ostatni aspekt, mający głównie charakter psychologiczny i będący świadectwem widocznej niedojrzałości mentalnej części kierowców (brawura, chamstwo drogowe, ostentacyjne łamanie przepisów drogowych) jest, subiektywnym zdaniem autora, poważnym zagrożeniem i powodem wielu wypadków drogowych i – częściej niż w innych krajach – tragicznych ich skutków. Wypadki drogowe jednak to odrębny, niezwykle poważny problem wymagający całkowicie oddzielnych analiz.

LITERATURA

[1] AUGUSTYNOWICZ A., SKŁADZIEŃ J.: Termodynamiczno-ekologiczna analiza efektów wykorzystania ogniw paliwowych w napędach samochodowych, II Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Pojazd a Środowisko, Radom.
[2] MERKISZ J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych, tom I i II, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998-1999.
[3] SKŁADZIEŃ J., HANUSZKIEWICZ-DRAPAŁA M., KOZIOŁ J.: Analiza porównawcza skumulowanego zużycia paliw pierwotnych przy produkcji wodoru, Archiwum Energetyki 1-2, 1996.
[4] WOJCIECHOWSKA A., WOJCIECHOWSKI T.: Motoryzacyjne zanieczyszczenia powietrza, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Bielsko-Biała 1991.

ECOLOGICAL ASPECTS OF CAR TRANSPORT DEVELOPMENT

Summary

In the paper there have been presented the main aspects of negative influence of the motorization on the environment. There has been taken into account the cumulative influence of the motorization development and the effects resulting from the production and exploitation of all cars and carriages. The special attention have been paid on the emission of injurious substances to the atmospheric air and on the methods of restricting these emissions. There were mentioned also the alternative, electric, car propulsions.

WACŁAW HEPNER
IRENEUSZ HETMAŃCZYK

ECODRIVING – SYSTEM SZKOLENIA KIEROWCÓW W JEŹDZIE EKONOMICZNEJ

W opracowaniu scharakteryzowano podstawowe elementy proponowanego przez autorów systemu szkolenia kierowców: test nawyków, teorię nowoczesnego stylu jazdy, trening oraz test korzyści. Wykazano celowość prowadzenia szkoleń eko-jazdy w aspekcie ekologii, ekonomii, komfortu oraz bezpieczeństwa ruchu. Proponowane działania edukacyjne mogą przynieść lepsze efekty niż doskonalenie konstrukcji pojazdu i powinny być w motoryzacji postępowaniem rutynowym.

1. WPROWADZENIE

EcoDriving – to nowoczesny sposób prowadzenia samochodu: ekonomiczny, ekologiczny i bezpieczny. Zalecany jest w ostatnim czasie przez Komisję Europejską, w oparciu o program dydaktyczny ECODRIVEN – wdrożony dotychczas w Finlandii, Szwajcarii, Holandii, Hiszpanii, Wielkiej Brytanii i w Niemczech. W Polsce przewiduje się w latach 2008-09 wprowadzenie elementów tego programu do systemu szkolenia kandydatów na kierowców. Już obecnie zasady ekojazdy propagują niektóre placówki doszkalające, np.: Mercedes-Benz Trucker Akademy, Akademia Trucknology czy Szkoła Auto. Doświadczenia zdobyte na gruncie tych szkoleń wykazują jednoznaczne korzyści wynikające z takiego stylu jazdy:

- obniżenie (o 10 – 25%) średniego eksploatacyjnego zużycia paliwa,
- obniżenie (w tym samym stopniu) przebiegowej emisji CO_2,
- wyraźna poprawa bezpieczeństwa jazdy (zmniejszenie wskaźnika wypadkowości nawet o 40%),
- zachowanie akceptowalnej dynamiki ruchu,
- poprawa komfortu jazdy,
- wzrost płynności ruchu,
- obniżenie hałaśliwości zespołu napędowego,
- zmniejszenie zużycia mechanizmów napędowych i jezdnych,
- spadek kosztów serwisowania i napraw pojazdów, obniżenie kosztów ubezpieczeń.

Pełne szkolenie w zakresie EcoDriving'u powinno zawierać następujące elementy dydaktyczne: test nawyków, teorię nowoczesnego stylu jazdy, trening oraz test korzyści. W opracowaniu przedstawiono zarys tych elementów na gruncie wieloletnich doświadczeń własnych autorów w organizacji Opolskich Samochodowych Jazd Ekologicznych „Zielony Kierowca".

2. TEST NAWYKÓW

Poniżej przedstawiono regulamin jazd testowych, przykładowe wyniki przejazdów w jednym z miast powiatowych Opolszczyzny oraz statystykę wszystkich przejazdów konkursowych. Od 1999 roku przeprowadzono 35 Opolskich Samochodowych Jazd Ekologicznych „Zielony Kierowca": w 12 miastach, na 20 trasach testowych, przy wykorzystaniu 17 modeli samochodów udostępnionych przez Partnerów organizatora (19 jazd na samochodach marki Renault). Uczestnikami byli: uczniowie i nauczyciele technikum, studenci i pracownicy politechniki, klienci salonów samochodowych, mieszkańcy miast powiatowych Opolszczyzny, dziennikarze, zawodnicy rajdowi oraz działacze automobilklubu, a także pracownicy magistratu Berlina. Łącznie przeprowadzono testy kompetencji dla 867 kierowców.

REGULAMIN
Opolska Samochodowa Jazda Ekologiczna
„Zielony Kierowca"

1. Cel imprezy

Celem imprezy jest wyłonienie kierowcy prowadzącego samochód ze szczególnym „wyczuciem", tj. uzyskującego najkorzystniejszy **kompromis** między prędkością średnią przejazdu a przebiegowym zużyciem paliwa.

2. Zawodnicy

2.1. W jeździe biorą udział załogi trzyosobowe, tj. kierowca i komisarz sportowy oraz kolejny zawodnik (w charakterze obserwatora).
2.2. Numery startowe są przydzielane zawodnikom drogą losowania w czasie odprawy, bezpośrednio przed zawodami.

3. Trasa

Jazda „Zielony Kierowca" jest imprezą krótkodystansową. Każdy zawodnik kolejno ma do przejechania tę samą trasę o długości 5-10 km w warunkach normalnego ruchu drogowego.

4. Warunki próby

4.1. Organizator udostępnia zawodnikom samochód wyposażony w precyzyjny przepływomierz paliwa lub w fabryczny „komputer pokładowy".

4.2. Pomiarów zużycia paliwa oraz czasu przejazdu dokonuje komisarz uczestniczący w przejazdach i nadzorujący ich przebieg.

4.3. Wartość prędkości średniej przejazdu nie jest narzucona.

5. Odpowiedzialność organizatora

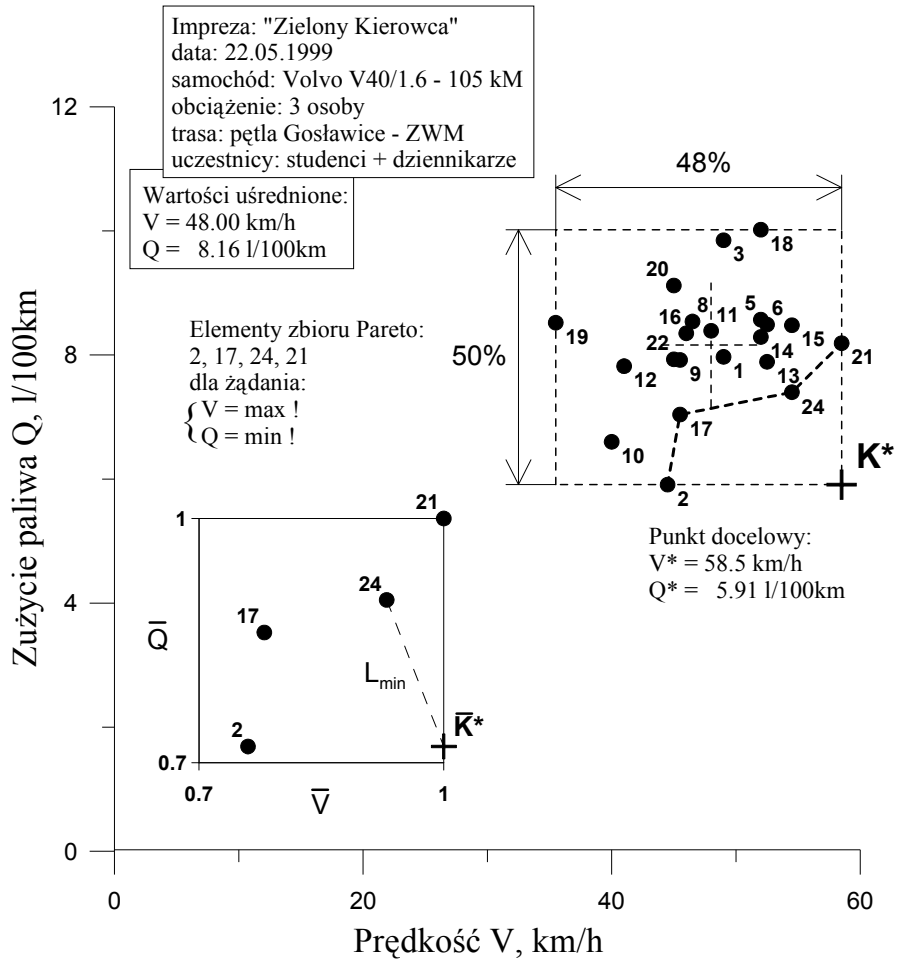
Uczestnicy zawodów biorą w nich udział na własną odpowiedzialność. Organizator nie ponosi żadnej odpowiedzialności za powstałe szkody i straty tak w stosunku do zawodników, jak i osób trzecich.

6. Klasyfikacja i sposób wyłonienia zwycięzcy

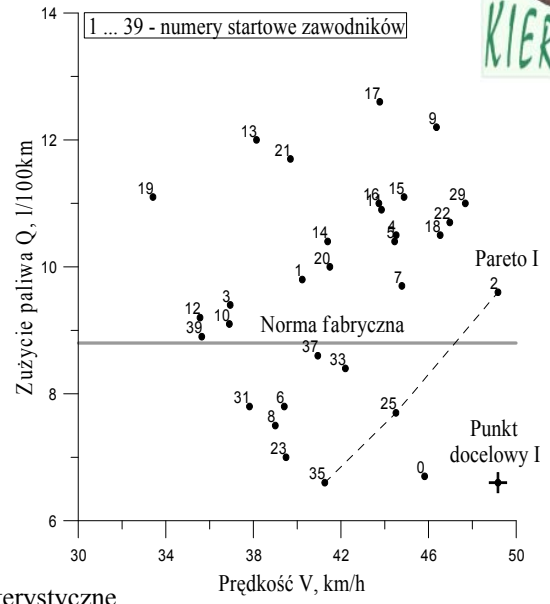
6.1. Wstępny etap klasyfikacji stanowi wyznaczenie zbioru przejazdów Pareto-optymalnych. Spośród wszystkich rozpatrywanych przejazdów wyłania się te, które spełniają warunek maksymalizacji kryterium V (prędkość) przy jednoczesnej minimalizacji kryterium Q (zużycie paliwa), czyli: **V = max !** oraz **Q = min !** Każdy z przejazdów Pareto-optymalnych spełnia pewien „równoprawny" kompromis między V i Q.

6.2. Zwycięzcę wyłania się metodą optymalizacji docelowej. W przestrzeni {V, Q} w oparciu o elementy zbioru Pareto wyznacza się wyidealizowany punkt docelowy K^* o współrzędnych: $V^* = V_{max}$, $Q^* = Q_{min}$. Następnie poszukuje się (w przestrzeni unormowanej) takiego punktu ze zbioru Pareto, który leży najbliżej punktu K^*. Miarą odległości jest:

$$L = \sqrt{\left(\frac{V_{max} - V}{V_{max}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{min} - Q}{Q_{max}}\right)^2} \quad \text{lub} \quad L = \sqrt{\left(1 = \overline{V}\right)^2 + \left(\frac{Q_{min}}{Q_{max}} - \overline{Q}\right)^2}$$


Impreza: "Zielony Kierowca"
data: 22.05.1999
samochód: Volvo V40/1.6 - 105 kM
obciążenie: 3 osoby
trasa: pętla Gosławice - ZWM
uczestnicy: studenci + dziennikarze
Wartości uśrednione:
V = 48.00 km/h
Q = 8.16 l/100km
Elementy zbioru Pareto:
2, 17, 24, 21
dla żądania:
V = max !
Q = min !
48%
50%
Punkt docelowy:
V* = 58.5 km/h
Q* = 5.91 l/100km
K*
Zużycie paliwa Q, l/100km
Prędkość V, km/h
0
4
8
12
0
20
40
60
1
0.7
0.7
1
L_min

WYNIKI
Opolska Samochodowa Jazda Ekologiczna
ZIELONY KIEROWCA RENAULT
OPOLSZCZYZNA 2003
RENAULT MEGANE II 1.6 16V



Wielkości charakterystyczne
dla poszczególnych zbiorów Pareto

Pareto	Vmax km/h	Qmin l/100km	Qmax l/100km
I	49.17	6.6	9.6
II	47.68	7.0	11.0
III	46.36	7.5	12.2
IV	43.85	7.8	10.9
V	43.77	8.9	12.6
VI	39.69	9.2	11.7
VII	38.14	11.1	12

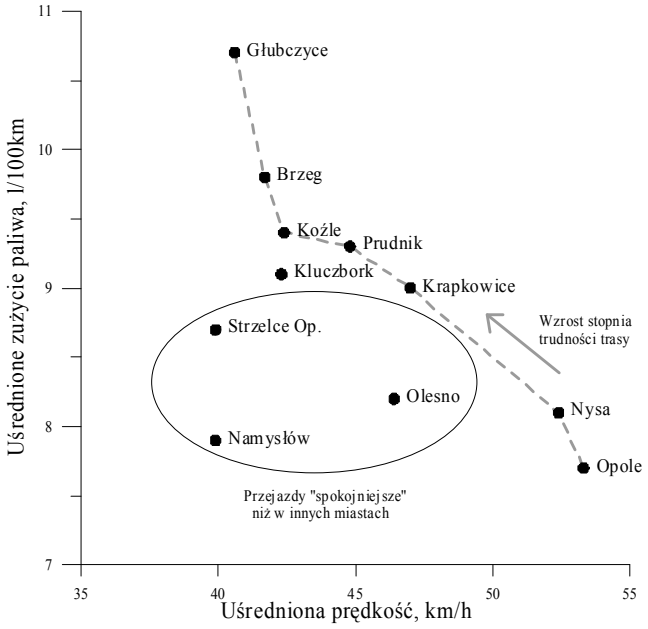
Rys. 1. Arkusz wyników („Zielony Kierowca Renault - Opolszczyzna 2003")

Tabela 1.

Statystyka przejazdów konkursowych

Miasto	$V_{śr}$	$Q_{śr}$	V_{min}	V_{max}	Q_{min}	Q_{max}	n
Nysa	52.4	8.1	37.9	**69.6**	6.0	12.0	42
Prudnik	44.8	9.3	31.1	58.8	7.0	**15.6**	47
Głubczyce	40.6	**10.7**	33.7	52.8	7.6	14.5	52
Koźle	42.4	9.4	31.9	54.0	7.1	14.1	27
Krapkowice	47.0	9.0	**31.0**	49.9	7.6	12.2	30
Strzelce Op.	**39.9**	8.7	34.2	46.0	6.5	11.2	32
Brzeg	41.7	9.8	33.4	49.2	6.6	12.6	30
Olesno	46.4	8.2	34.3	55.4	**5.4**	14.7	34
Kluczbork	42.3	9.1	34.9	52.5	7.0	12.9	50
Namysłów	39.9	7.9	33.5	49.8	6.3	10.1	44
Opole	**53.3**	**7.7**	40.0	62.7	6.1	9.8	40

gdzie: $V_{śr}$, V_{min} ,V_{max} – prędkości charakterystyczne uzyskane w próbie,
$Q_{śr}$, Q_{min}, Q_{max} – charakterystyczne wartości zużycia paliwa,
n – liczność próby (liczba uczestników w danej eliminacji)



Rys. 2. Statystyka przejazdów konkursowych („Zielony Kierowca Renault – Opolszczyzna 2003”)

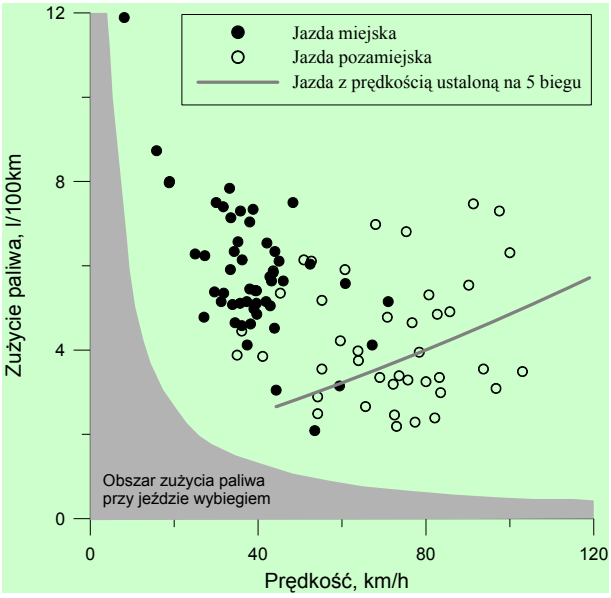
3. TEORIA NOWOCZESNEGO STYLU JAZDY

Zalecenia dotyczące ekojazdy obejmują cztery grupy zagadnień:
- stan techniczny samochodu – ciśnienie powietrza w ogumieniu, geometria zawieszenia, ewentualne blokowanie hamulców, regulacja silnika i mechanizmów napędowych, materiały eksploatacyjne,
- warunki opływu powietrza – bagażnik dachowy, przyczepa, otwarte okna, spoilery,
- taktyka jazdy (energochłonność ruchu) – dopasowanie profilu prędkości do sytuacji drogowych, unikanie hamowań, umiarkowane przyspieszanie, predykcja jazdy, technika pokonywania zakrętów,
- technika jazdy (sprawność napędu) – dobór biegów, dobór stopnia obciążenia silnika.

Poniżej przedstawiono wybrane przykłady „złotych reguł".

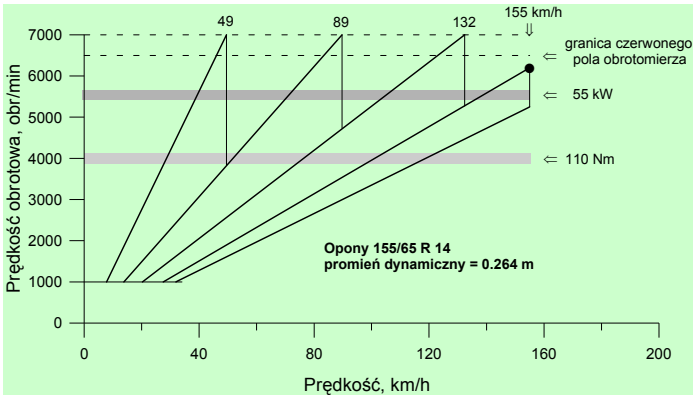
1. Kierowca prowadząc samochód dowolnie decyduje o rozrzucie prędkości i mocy napędu, co skutkuje zmiennością chwilowego zużycia paliwa. Przeciętny samochód klasy 1.6 dm^3 jest w stanie spalić przeszło 100 l/100 km, np. przy ostrym rozpędzaniu na pierwszym biegu. Ekonomiczność samochodu w ogromnym stopniu zależy od płynności ruchu.

Rada: Unikajmy dużych wahań mocy napędu, przyspieszajmy nie po to, by zaraz potem używać hamulców. Jeśli rozpędzanie - to z umiarkowanym przyspieszeniem („na pół gazu").



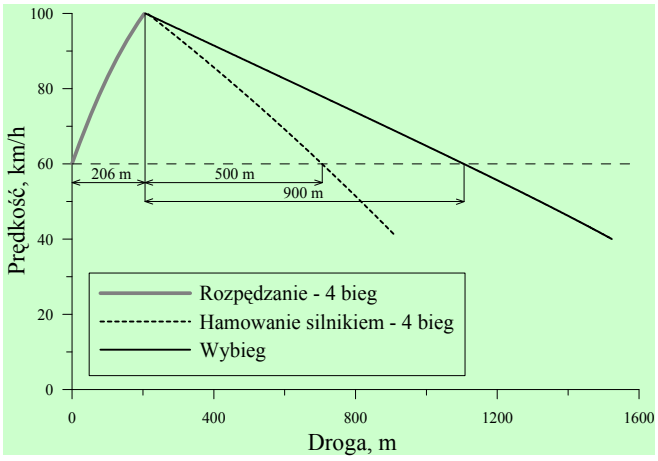
2. Silnik pracuje najefektywniej przy niskiej prędkości obrotowej i wysokim momencie obrotowym (wysoki bieg). Przykładowo: samochód, który przy prędkości 45 km/h zużywa na 5. biegu 3.9 l/100 km, jadąc na biegu 3. spala już 5.1 l/100 km (o 31% więcej), a jadąc na biegu 1. aż 13.5 l/100 km (o 246% więcej).

Rada: Używajmy jak najwyższych biegów, biegi przełączajmy jak najprędzej: 3. bieg od 30 km/h, 4. bieg od 40 km/h, 5. bieg od 50 km/h.



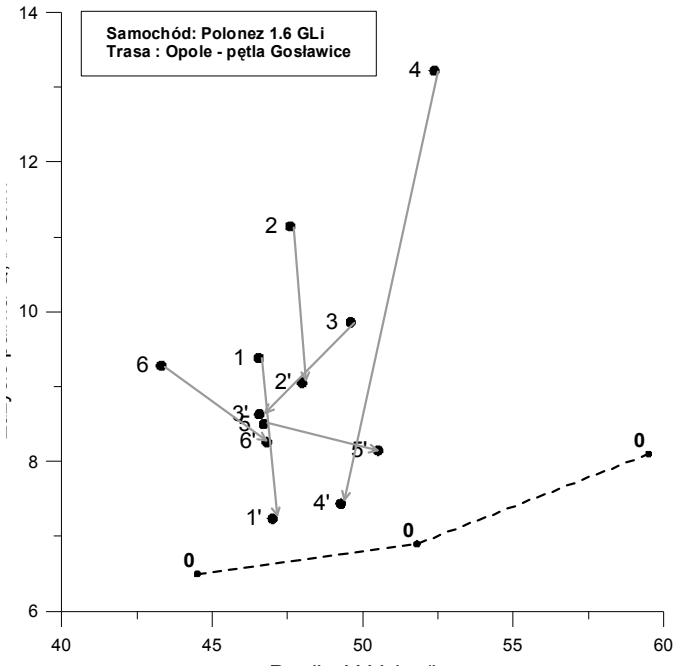
3. Poruszający się pojazd dysponuje sporą energią kinetyczną, którą można wykorzystać w tzw. procesie wybiegu (jazda „na luzie"). Silnik spala wówczas jedynie ok. 1 litra benzyny na godzinę.

Rada: Wykorzystujmy swobodne toczenie pojazdu przy dojeżdżaniu do skrzyżowań i stref ograniczenia prędkości. W sytuacji, kiedy trzeba zwolnić wyraźniej, wykorzystujmy hamujące działanie silnika – zużycie paliwa spada wtedy do zera.



4. TRENING

Na gruncie doświadczeń wyniesionych z imprez typu „Zielony Kierowca" przeprowadzono eksperyment dydaktyczny. Przy wykorzystaniu samochodu Polonez 1.6 GLi na trasie finałowej zawodów „Zielony Kierowca Renault – Opolszczyzna 2003" przeprowadzono z udziałem sześciu studentów dwa cykle przejazdów. Pierwszy – kontrolny, bez narzucania stylu jazdy i ponowny – po dwugodzinnym szkoleniu teoretycznym. Szkolenie obejmowało omówienie zagadnień właściwej techniki i taktyki jazdy, tj.: doboru widma mocy napędu, doboru punktu pracy silnika czy wykorzystania energii kinetycznej pojazdu. Uzyskane efekty szkolenia zilustrowano rysunkiem zamieszczonym poniżej, gdzie: 1 … 6 – przejazdy kontrolne, 1' … 6' – przejazdy po szkoleniu, 0 – przejazdy instruktora.



Efekty szkolenia:

a)	dominujący spadek zużycia paliwa:	1 - 1'	prędkość + 1 %	paliwo – 23 %
		2 - 2'	prędkość + 1 %	paliwo – 19 %
		4 - 4'	prędkość – 6 %	paliwo – 44 %
b)	brak efektu:	3 - 3'	prędkość – 6 %	paliwo – 14 %
c)	dominujący wzrost prędkości:	5 - 5'	prędkość + 8 %	paliwo – 4 %
		6 - 6'	prędkość + 8 %	paliwo – 11 %

5. UWAGI KOŃCOWE

W oparciu o wyniki własnych eksperymentów można stwierdzić, że szkolenie w ekojeździe powinno obejmować nie tylko kandydatów na kierowców, ale także ok. 10% kierowców z kilkuletnim stażem za kierownicą. Przyszłe zmiany w ustawie Prawo o ruchu drogowym powinny dotyczyć nie tylko szkolenia podstawowego. Propagowanie EcoDriving'u powinno być przedmiotem działań nie tylko szkół jazdy, ale także automobilklubów, uczelni technicznych oraz przedmiotem inicjatyw publicznych (np. Orlen – Bezpieczne Drogi).

Szkolenia nastawione na edukację kierowców mogą przynieść w krótkim czasie i przy niskich nakładach większe korzyści w oszczędzaniu paliw niż długotrwałe i kosztowne doskonalenie konstrukcji pojazdu czy poprawa jakości materiałów eksploatacyjnych.

LITERATURA

[1] GRZEGOCKI K.: „Poznaj Renault" nr 4(35)/2003
[2] HEPNER W., HETMAŃCZYK I.: Regulamin OSJE „Zielony Kierowca"
[3] HETMAŃCZYK I., HEPNER W.: *Opolska Samochodowa Jazda Ekologiczna „Zielony Kierowca" – Edukacja poprzez rywalizację*; II Ogólnopolska Konferencja „Wychowanie Komunikacyjne 2004", Opole – Jarnołtówek 2004, str. 30-33
[4] SIŁKA W.: *Teoria ruchu samochodu.* WNT, Warszawa 2002.

ECODRIVING – SYSTEM OF DRIVER TRAINING IN ECONOMICAL DRIVING

Summary

The paper describes the basic elements of the proposed system of driver training: test of customs, theory of modern driving style, training and test of benefits. Usefulness of ecodriving in aspects of ecology, economy, comfort and driving safety have been proved. The proposed actions could give better effects than improvement of the car structure and should be every-day customers.

ANDRZEJ AUGUSTYNOWICZ,
JERZY JANTOS,
JAROSŁAW MAMALA,
LESZEK GOMÓŁKA
Politechnika Opolska

SYSTEM WSPOMAGANIA PRACY KIEROWCY

Powszechne wprowadzenie w pojazdach ciężarowych elektronicznych systemów zarządzających pracą poszczególnych układów, ułatwiło i polepszyło jakość sterowania, ale skomplikowało budowę tych zespołów. Stąd ważnym zagadnieniem są systemy wspomagające pracę kierowcy. Powinny one pomagać kierowcy w sterowaniu zespołami pojazdu. Takie systemy są także przydatne do oceny kierowcy. W opracowaniu przedstawiono analizę parametrów pracy dla wybranego pojazdu ciężarowego.

1. WPROWADZENIE

W pojazdach ciężarowych wewnętrzne systemy kontroli pracy kierowcy są wysoce efektywnymi technologiami, mającymi na celu przede wszystkim poprawienie bezpieczeństwa oraz efektywności ich wykorzystania. Przez bieżącą analizę warunków drogowych, obciążenia układu napędowego, stanu technicznego pojazdu, kierowca ma poczucie bezpieczeństwa i więcej uwagi może poświęcić na kierowanie pojazdem, przez co może szybciej reagować na zaistniałe sytuacje drogowe. Bowiem zdolność percepcyjna kierowcy jest słabsza od systemów elektronicznych [7] np. człowiek może rozpoznać, że pojazd zwalnia dopiero po przekroczeniu opóźnienia koło 0,5 m/s^2. Na dzień dzisiejszy takie pokładowe systemy wspomagania pracy kierowcy, w zależności od rodzaju i czasu zagrożenia uprzedzają kierowcę, jak najszybciej, o możliwym zagrożeniu i jeśli nie reaguje na pierwsze ostrzeżenie, wspomagają go aktywnie lub w przypadkach skrajnych interweniują, aby uniknąć wypadku lub zmniejszyć jego konsekwencje. Z dostępnych aplikacji możemy wymienić takie systemy jak: utrzymanie bezpiecznej prędkości (adaptacyjna regulacja prędkości jazdy ACC) i odległości od innych pojazdów, rozpoznawanie pasa ruchu, unikanie wyprzedzania w sytuacjach krytycznych, bezpieczne pokonywanie skrzyżowań, wykrywanie martwych punktów – asystent zmiany pasa ruchu, monitorująco-ostrzegawcze wykrywające senność kierowcy itd [1].

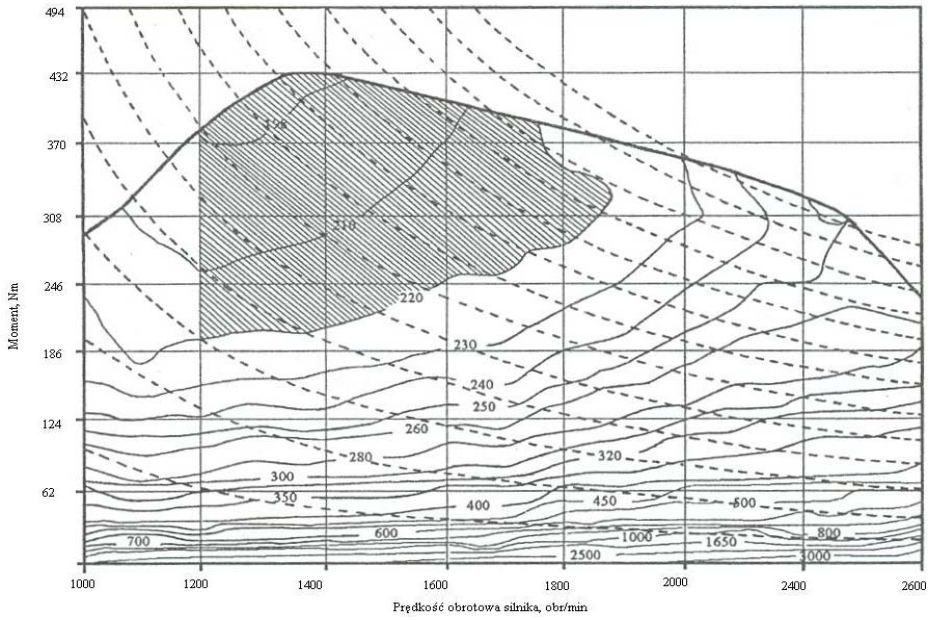
Inną kwestą jest analiza efektywności pracy kierowcy pojazdu ciężarowego, gdyż od niego w bezpośredni sposób zależą osiągane parametry robocze pojazdu w tym np. rozwijana siła napędowa na kołach oraz zużycie paliwa. Zaś kontrola ilości zużytego paliwa decyduje głównie o kosztach eksploatacji pojazdu ciężarowego. Jednak nie można w prosty sposób

przekładać ilości zużytego paliwa na kilometr przejechanej drogi, gdyż trzeba przeanalizować warunki, w jakich pracował kierowca. Dla przykładu ten sam pojazd ma różne zużycie paliwa, gdy porusza się w warunkach ruchu miejskiego, a inne na autostradzie. Niemniej jednak w każdym z tych skrajnie różnych warunków pracy pojazdu, kierowca może dostosować parametry regulacyjne układu napędowego tak, aby obciążenie silnika i przełożenie dobierać w sposób optymalny [1, 2].

2. UKŁADY WSPOMAGANIA PRACY KIEROWCY

Pojazdy ciężarowe w Polsce stały się najbardziej znaczącym środkiem transportu, który w optymalny sposób jest w stanie spełniać rosnące wymagania logistyczne. W czasie eksploatacji następuje zużycie elementów silnika oraz zmiana regulacji układów. Niezbędne jest określenie aktualnego stanu technicznego pojazdu w celu oceny jego dalszej przydatności eksploatacyjnej. Wzrost cen oleju napędowego oznacza kolejne obciążenia dla przedsiębiorców zajmujących się transportem drogowym. Dzięki systemom wspomagania kierowcy nowej generacji skutecznie przeciwdziała się tej tendencji, łącząc przy tym w wyjątkowy sposób aspekty ekologiczne z korzyściami ekonomicznymi. Najpopularniejsze z nich to: Motograf, FleetBoard, Autoguard, Liberty, Elte, Carfinder, Spaceguard Truck 24, Mobite i wiele innych [4, 5, 6]. Korzystając z nowej technologii, można zaoszczędzić od 1500 do 2000 litrów oleju napędowego przy średnim przebiegu 150 tys. km rocznie w ruchu dalekobieżnym. Ekonomiczna jazda kierowców samochodów ciężarowych, którą ustawicznie ocenia system, daje dodatkową oszczędność paliwa w wysokości ok. dziesięciu procent.

W silnikach o zapłonie samoczynnym uzyskanie minimalnego zużycia paliwa i utrzymanie go na jednym poziomie przez dłuższy okres jazdy pojazdem ciężarowym podczas zmiennych warunków ruchu jest bardzo trudne, wręcz niemożliwe [7, 8]. Przedstawiony fakt obrazuje rysunek 1, na którym widoczna jest charakterystyka ogólna silnika ZS z zakreskowanym obszarem minimalnego zużycia paliwa. Z charakterystyki ogólnej silnika (rys. 1) możemy wnioskować, że dla każdego silnika istnieje obszar pracy, w którym zużycie paliwa g_e jest najkorzystniejsze przy zadanej mocy silnika [3, 8].



Rys. 1. Charakterystyka ogólna z zaznaczoną strefą ekonomiczną silnika ZS [8]

Zaproponowany system wspomagania kierowcy bazując na charakterystyce ogólnej silnika o zapłonie samoczynnym, pomaga nam zilustrować obszar ekonomicznej pracy silnika w czasie rzeczywistym jak i całej historii ruchowej pojazdu ciężarowego. Na podstawie zaproponowanej metody obliczeniowej wyznaczenia krzywej charakterystycznej kierowcy lub stopnia eksploatacji silnika możemy ocenić stan i sprawność pojazdu, typ kierowcy, a także podjęte działania kierującego zmierzające do optymalizacji zużycia paliwa w złożonym cyklu jezdnym [1, 2].

Z wykresów, które utworzono na podstawie metody obliczeniowej wyznaczenia krzywej charakterystycznej kierowcy możemy stwierdzić, że wykorzystanie obszaru ekonomicznego, który jest określony przez producenta pojazdu, leży w gestii kierującego. Na podstawie kształtu utworzonej charakterystyki możemy określić np. nieekonomiczną jazdę, co z kolei świadczy o złym wykorzystaniu pola podaży mocy w układzie napędowym.

3. CHARAKTERYSTYKA POJAZDÓW

W badaniach własnych wykorzystano zarejestrowane okresowe dane uzyskane z komputera pokładowego pojazdów ciężarowych takich jak: Midlum, Premium Route 420 oraz Magnum 440 firmy Renault. Informacje z czujników pomiarowych i ich całą historię po przejechaniu odpowiedniego kilometrażu pozyskano za pośrednictwem komputera przenośnego, wyposażonego w program komputerowy Infomax, połączonego z komputerem pojazdu. Wybrane pojazdy ciężarowe reprezentowały trzy klasy ładowności, pojemności skokowej oraz przeznaczenia związanego głównie z możliwościami spedycyjnymi pojazdów. Po przeprowadzonej głębszej analizie stwierdzono, że badane obiekty charakteryzowały się zbliżonym przedziałem ekonomicznych obrotów silnika (tabela 1), mimo różnych konstrukcyjnie silników.

Tabela 1

Zestawienie danych ogólnych badanych samochodów ciężarowych [6]

Midlum	**Premium Route 420**	**Magnum 440**
Silniki		
dCi, v_s=4dm^3 N=174 KM,(128 kW) przy 2400obr/min M_o=580 Nm,(59 kgm) **n_{eko} od 1200 do 2400 obr/min**	dCi, v_s=11dm^3 N=412 KM,(303 kW) przy 1900 obr/min M_o=1870 Nm,(191 kgm) **n_{eko} od 1050 do 1400 obr/min**	Dxi12, v_s=12dm^3 N=441 KM,(324 kW) przy 1800 obr/min M_o=2040 Nm,(209 kgm) **n_{eko} od 1050 do 1450 obr/min**
Skrzynia biegów		
Eaton 4106B, ilość przełożeń 6+1 Zakr. przełożeń 7,54 (7,54/1)	ZF16S181 DD, il. przeł.16+2 Zakr. przełożeń 16,41 (16,41/1)	ZF16S181 DD, il. przeł. 16+2 Zakr. przełożeń 16,41 (16,41/1)

4. ANALIZA DANYCH EKSPLOATACYJNYCH

Generowane sygnały wraz z całą historią danych pobrano z pokładowego pojazdu ciężarowego. Pozyskane dane za pomocą programu Infomax (rys. 2), zostały wyeksportowane do dalszej analizy w formacie arkusza kalkulacyjnego obsługiwanego przez program Excel. Niektóre dane ogólne określające głównie wielkości eksploatacyjne zestawiono w tabeli II dla trzech badanych pojazdów ciężarowych.

Tabela 2

Zestawienie danych ogólnych dla analizowanych samochodów marki Renault

Nazwa		**Wartości okresowe**		
Dane ogólne	Model Renault	Midlum	Premium	Magnum
	Dystans	273170,2 km	9101,6 km	53799,2 km
	Czas z pracującym silnikiem	4247 h 8 mn 29 s	148h47mn23s	920 h 49 mn 39 s
	Olej napędowy zużyty przy pracującym silniku	49279,2 l	2851,3l	15446,6 l
	Czas w trakcie jazdy samochodu	3951 h 59 mn 3 s	125h40mn14s	805 h 2 mn 23 s
	Zużyty olej napędowy w czasie jazdy	48935,6 l	2792,3l	15124,2 l
	Liczba + po stacyjce (w tym krótkie wyłączenia)	10113	531	2442
	Liczba + po stacyjce (oprócz krótkich wyłączeń)	10126	403	1978
	Liczba obrotów silnika	385151392 obr	10221000 obr	60933000 obr
	Czas przy zasilaniu VECU	4443 h 28 mn 25 s	159 h 46 mn 32 s	1000 h 50 mn 27 s
Prędkość obrotowa na biegu jałowym	Czas użycia	269 h 13 mn 35 s	15 h 41 mn 42 s	64 h 14 mn 22 s
	Zużyty olej napędowy	282,1 l	33,6 l	141,4 l
Ekonomiczny zakres obrotów (1400 obr/min-2000 obr/min)	Czas użycia	3136 h 16 mn 27 s	104 h 5 mn 55 s	672 h 26 mn 14 s
	Zużyty olej napędowy	44993,4 l	2515,7 l	14148,7 l
	Przebyta droga	246308,8 km	8264,4 km	49680,6 km
	Czas użytkowania z pełnym obciążeniem silnika	458 h 38 mn 5 s	9 h 35 mn 28 s	31 h 52 mn 24 s
	Zużyty olej napędowy przy pełnym obciążeniu silnika	11713,2 l	606 l	2121,7 l
	Przejechana droga przy pełnym obciążeniu silnika	34544 km	738,4 km	2186,9 km
Poza ekonomicznym zakresem obrotów (>2000 obr/min)	Liczba przypadków	42338	4480	11809
	Czas użycia	43 h 24 mn 52 s	6 h 40 mn 40 s	7 h 50 mn 34 s
	Zużyty olej napędowy	912,1 l	191,1 l	282,5 l
	Przebyta droga	2770,5 km	424,1 km	408,1 km
Regulacja prędkości	Liczba przypadków	brak danych	157	1856
	Czas użycia	brak danych	13 h 52 mn 25 s	182 h 38 mn 10 s
	Zużyty olej napędowy	brak danych	372,1 l	4033,8 l
	Przebyta droga	brak danych	1222,7 km	15865,8 km

Na podstawie zebranych danych możemy :
- monitorować zużycie paliwa oraz wykorzystanie pojazdów poprzez analizę stylu jazdy kierowcy;
- porównać zużycie paliwa w różnych pojazdach dla różnych tras w celu optymalizacji jazdy;
- identyfikować błędy podczas jazdy;
- zaplanować optymalny czas przeglądów.

Dla wybranego pojazdu ciężarowego określono czas użytkowania przy zadanym obciążeniu układu napędowego, a dane zestawiono w tabeli nr 3.

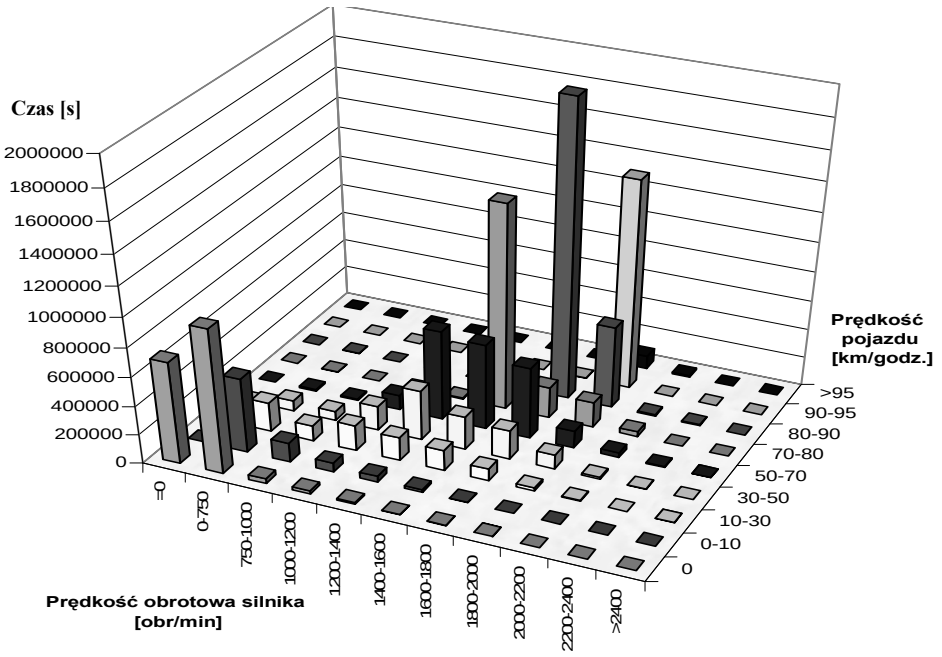
Z danych tych sporządzono wykres (rys. 2) przestrzenny czasu użytkowania w zależności do prędkości pojazdu (prędkość liniowa pojazdu jest zdeterminowana przez przełożenie układu napędowego) i prędkości obrotowej silnika (prędkość obrotowa silnika jest zdeterminowana przez obciążenie układu napędowego). Sporządzenie takiego wykresu przestrzennego pozwoli nam graficznie zobrazować wartości czasowe na tle siatki pola podaży mocy układu napędowego.

Tabela 3

Wartości czasu użytkowania pojazdu w zależności od prędkości obrotowej silnika i prędkości pojazdu

V [km/h] / **n** [obr/min]	**=0**	**0-10**	**10-30**	**30-50**	**50-70**	**70-80**	**80-90**	**90-95**	**>95**
=0	704392	947	7	180	2	611	467	1	248
0-750	989044	515338	200978	72384	13000	2493	2889	734	59
750-1000	32997	132867	106441	63812	9810	318	229	26	5
1000-1200	20744	62921	177746	166346	101644	411	161	23	3
1200-1400	12548	41454	163132	344123	619079	6352	159	25	4
1400-1600	4439	18186	142350	229806	590021	1399783	4483	21	6
1600-1800	2612	4916	82979	200809	494811	215074	5397222	3400	5
1800-2000	1191	1117	22008	98919	117831	175538	565642	1428911	90295
2000-2200	661	69	7536	14317	33456	35134	11544	18	10025
2200-2400	302	15	1961	3581	6085	28	7354	868	514
>2400	185	24	808	1208	1270	24	14	538	90

Rysunek 2 przedstawia, jak długo kierowca jechał z określoną prędkością w pewnych przedziałach prędkości obrotowej silnika. Prędkość pojazdu została podzielona na dziewięć przedziałów. Wartość zerowa prędkości pojazdu dla prędkości obrotowej silnika 750-1000 obr/min, odpowiada pracy silnika nieobciążonego tzw. praca na biegu jałowym. Prędkość obrotową silnika zaznaczono również niesymetrycznymi przedziałami.



Rys. 2. Wykres czasu jazdy kierowcy jako funkcja prędkości liniowej pojazdu i prędkości obrotowej silnika

W celu dokonania dalszej analizy wyników pomiarów zastosowano następującą metodę obliczeniową wyznaczenia krzywej charakterystycznej kierowcy, która przedstawia, jak kierujący pojazdem wykorzystywał ekonomiczny zakres prędkości obrotowej silnika. Obliczenia możemy podzielić na poszczególne etapy rachunkowe:

- obliczenia dokonujemy uwzględniając przedziały prędkości pojazdu **V** dla konkretnej prędkości obrotowej silnika **n**;
- obliczamy moment dla przedziału prędkości pojazdu w określonym wcześniej przedziale prędkości obrotowej silnika, stosując wzór (1)

$$X_i = h_i \cdot x_i \tag{1}$$

gdzie:

h_i - wartość czasu, określana jako wysokość słupka na wykresie,

x_i - odległość środka przedziału prędkości pojazdu od osi prędkości obrotowej silnika.

- obliczamy sumę wartości X_i wszystkich przedziałów **V** dla określonego przedziału **n** wg wzoru (2)

$$\sum_{i=1}^{k} X_i = h_1 \cdot x_1 + h_2 \cdot x_2 + ... + h_k \cdot x_k \tag{2}$$

- obliczamy wartość *v*, dzieląc sumę X_i (2) przez sumę wszystkich wysokości słupków, czyli wartości czasu, korzystając ze wzoru nr (3)

$$v = \frac{\sum_{i=1}^{k} X_i}{\sum_{i=1}^{k} h_i} \tag{3}$$

- obliczona wartość *v* wyraża charakterystyczną prędkość pojazdu w danym zakresie obrotów silnika dla danego kierowcy.

W ten sposób obliczono dla danego pojazdu ciężarowego najlepszą prędkość liniową *v* przy zadanej prędkości obrotowej silnika. Wartości odległości x_i zostały określone w tabeli nr 4.

Tabela 4

Wartości odległości poszczególnych przedziałów prędkości pojazdu od osi prędkości obrotowej silnika

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
1	5	25	40	60	75	85	95,5	95

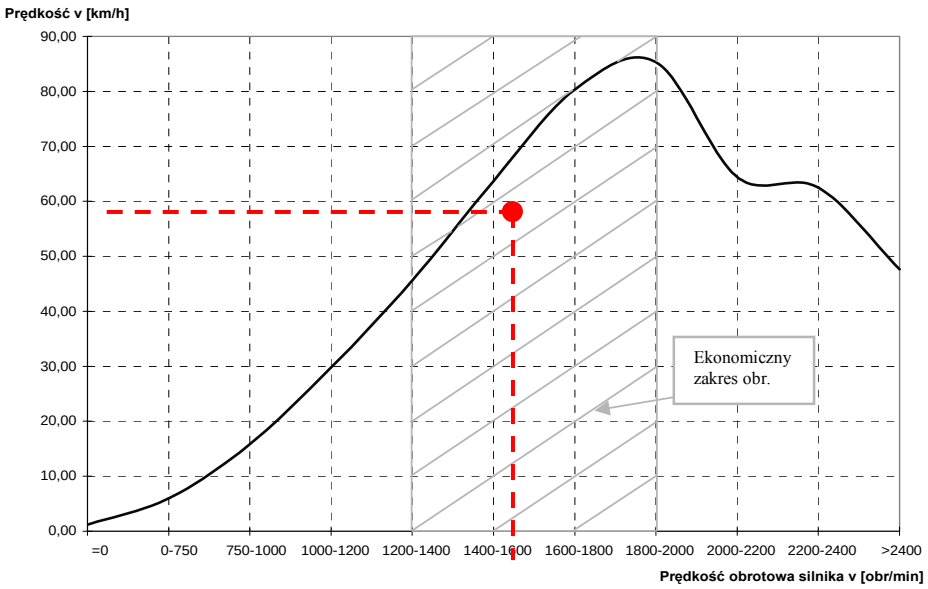
Tabela nr 5 obrazuje obliczone wartości **v** w poszczególnych przedziałach **n** i na jej podstawie wykonano wykres znajdujący się na rysunku 4.

Tabela 5

Wartości prędkości charakterystycznej dla danego kierowcy

n [obr/min]	=0	0-750	750-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	>2400
v [km/h]	1,17	5,99	15,82	29,81	45,56	63,70	80,32	85,29	64,42	62,51	47,64

Dane obliczeniowe w formie wykresu przedstawiono na rysunku 3 z zaznaczonym polem ekonomicznych prędkości obrotowej silnika.



Rys. 3. Wykres charakterystycznej prędkości pojazdu danego kierowcy

Dla przykładu poruszając się z prędkością pojazdu około 60 km/h, należy dobrać takie przełożenie układu napędowego, aby prędkość obrotowa silnika osiągnęła wartość koło 1550 obr/min. Dla tej prędkości obrotowej silnika w tych warunkach ruchu, zużycie paliwa jest najkorzystniejsze pod względem ekonomicznym.

5. PODSUMOWANIE

Zastosowanie zaawansowanych technik informacyjnych oraz wprowadzanie nowych rozwiązań w budowie pojazdu prowadzi do stworzenia systemów wspomagających pracę kierowcy pojazdu ciężarowego. Systemy te mają niejako

pomagać kierowcy w podejmowaniu decyzji i interpretacji warunków drogowych.

W opracowaniu zaproponowano metodę obliczeniową wyznaczania krzywych charakterystycznych danego kierowcy. Metoda ta może być w szerszym stopniu wykorzystywana do oceny ekonomiczności prowadzenia pojazdu. Odpowiednio przeliczone wartości pobrane ze samochodów ciężarowych w bardzo dokładny sposób obrazują nam historię przejechanej trasy.

Niezawodność pracy samochodu pozostaje w bezpośredniej zależności od stanu technicznego jego zespołów i systemów. Wskaźnik niezawodności samochodu charakteryzuje zdolność jego zespołów do zachowania w określonym czasie eksploatacji zadanych parametrów techniczno-ekonomicznych, pod warunkiem użytkowania samochodu zgodnie z przeznaczeniem oraz zapewnienia właściwego przebiegu obsług technicznych, napraw i przechowywania.

LITERATURA

[1] AUGUSTYNOWICZ A., HEPNER W., HETMAŃCZYK I., MAMALA J.: Koncepcja systemu kompleksowej oceny pracy pojazdu i kierowcy samochodu ciężarowego, Materiały Konferencyjne - IV Konferencji Telematyka i bezpieczeństwo transportu, Katowice 2006, tom I, str. 187-196
[2] GOMÓŁKA L.: Diagnostyka predykcyjna samochodu ciężarowego, praca magisterska Politechnika Opolska 2006 r.
[3] MALEWICZ K., PROKOP S., MAMALA J.: Modelowanie charakterystyki eksploatacyjnej silnika o zapłonie iskrowym, Journal of Kones Powertrain and Transport, European Science Society of Powertrain and Transport Publication, Warszawa 2006, Vol. 13, No. 1
[4] Materiały ze strony www..ec.europa.eu/information_society
[5] Materiały ze strony www.mercedes-benz.pl
[6] Materiały ze strony www.renault-trucks.pl/infomax_26_1.html
[7] SIŁKA W.: Teoria ruchu samochodu, WNT Warszawa, 2002
[8] UBYSZ A.: Energochłonność samochodu a zużycie paliwa w złożonych warunkach ruchu, Wyd. Politechnika Śląska, Gliwice 2003

SYSTEM OF SUPPORTING WORK OF THE DRIVER

Summary

The introduction of electronic management systems to trucks hare improved the control quality. The modern vehicle units are more an more complicated. From this reason, systems supporting driver are needs. They shell help the driver to control of the vehicle units. Such systems are also useful to driver assessment. In this paper the analysis of work indexs for example truck is described.