



Samochód elektryczny a ochrona atmosfery

Krzysztof Polakowski
Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

W ostatnim okresie czasu czynione są starania mające na celu ochronę atmosfery od skutków emisji CO₂, spowodowanej działalnością człowieka. Gaz ten w skali globalnej uważany jest za głównego winowajcę szybko narastającego od końca wieku XIX-go tzw. efektu cieplarnianego.

W artykule starano się wykazać, że szybkie wyeliminowanie cieplnych silników spalinowych może w istotny sposób wpłynąć na ograniczenie tego zjawiska.

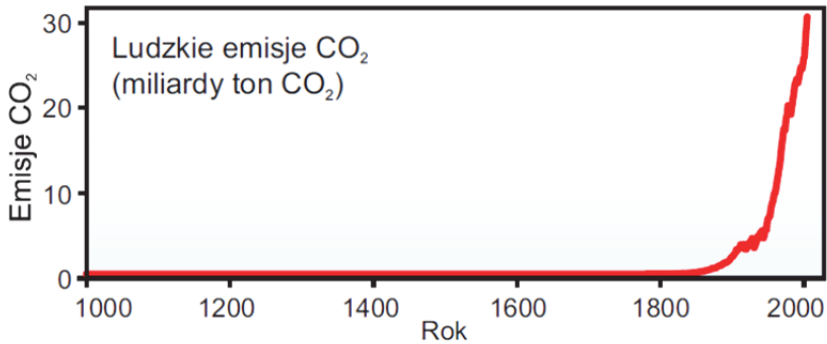
W rozdziale drugim dokonano próby udowodnienia, że transport samochodowy oparty o napęd z silnikami spalinowymi jest w dużej mierze odpowiedzialny za wysoką emisję CO₂ (i nie tylko) oraz negatywne skutki z tym problemem związane. W rozdziale trzecim w sposób zwięzły przeanalizowano to zagadnienie, szukając odpowiedzi na pytanie: czy możliwe jest zmniejszenie emisji w przypadku pojazdów z silnikami spalinowymi, a jeżeli nie, to dlaczego? Propozycję rozwiązania tego problemu poprzez powszechne zastosowanie do napędu pojazdów silników elektrycznych, wykorzystujących energię elektryczną z odnawialnych źródeł energii wiatru wody i słońca (systemu WWS) przedstawiono w rozdziale czwartym. Założenia systemu WWS, który pomógłby wyeliminować spalające paliwa kopalne elektrownie ciepłe, odpowiedzialne za największe ilości CO₂ emitowane przez człowieka do atmosfery, zostały omówione w rozdziale piątym. Rozdział szósty to zwięzła próba przedstawienia sytuacji w zakresie produkcji i wdrażania pojazdów elektrycznych na świecie.

2. Negatywne czynniki oddziaływani transportu samochodowego na stan atmosfery

Obecnie światowy transport samochodowy jest odpowiedzialny w dużym stopniu za poważne zanieczyszczenie atmosfery, ponieważ wykorzystuje wyjątkowo nieekologiczny i mało sprawny silnik spalinowy, emitujący do atmosfery duże ilości szkodliwych produktów spalania.

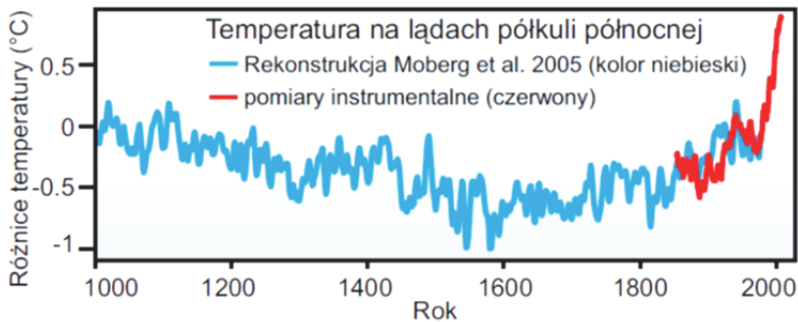
Abstrahując od problemów związanych z zanieczyszczeniem atmosfery oraz środowiska naturalnego na etapie wydobywania, transportu i przetwarzania ciekłych i gazowych węglowodorowych paliw kopalnych, największy problem związany jest z masowym zatrucaniem atmosfery produktami wydobywającymi się z rur wydechowych wszystkich (lądowych, morskich i powietrznych) środków transportu. Zaliczyć do nich należy przede wszystkim: tlenki: azotu, węgla, siarki i niespalone węglowodory (a do niedawna powszechnie stosowane w produkcji paliw związku ołowiu). W wielu opublikowanych wynikach badań wykazano, że zagrażają one zdrowiu a nawet życiu człowieka. Ocenia się, że w USA w roku 2013 w odniesieniu do 53000 zgonów, jako ich przyczynę należy uznać negatywne oddziaływanie spalin samochodowych na organizm ludzki (Chu 2013). Substancje te nie tylko zatrują powietrze, którym oddychamy, ale również powodują efekt tzw. kwaśnych deszczów, które zagrażają florze i faunie na całej Ziemi.

Poważnym problemem jest również narastający szybko efekt cieplarniany, spowodowany wzrostem dwutlenku węgla w górnych warstwach atmosfery. Na wykresach przedstawionych na rysunkach 1 i 2 zobrazowano zbieżność wzrostu spowodowanej działalnością człowieka emisji CO₂ (w miliardach ton) ze wzrostem temperatury (jej rocznymi przyrostami w °C) na lądach półkuli północnej od roku tysięcznego do czasów współczesnych. Zbieżność ta jest przekonującym dowodem wpływu działalności człowieka na tak szybki wzrost średniej temperatury na świecie. Zagrożenie spowodowane tym efektem stanowi poważny problem. W wieku dwudziestym gwałtownie nasilił się on gwałtownie. W efekcie całe środowisko naturalne nie nadąza za tak szybkimi zmianami. Udział dwutlenku węgla emitowanego na wskutek działalności człowieka w wytwarzaniu efektu cieplarnianego jest niepodważalny.



Rys. 1. Roczne emisje CO₂ spowodowane działalnością człowieka (Boden i inni 2009, Tietge i inni 2005). Na osi poziomej podano lata a na pionowej roczną emisję CO₂ w miliardach ton

Fig. 1. Annual CO₂ emissions caused by human activities (Boden et al.2009, Tietge et al.2005). On the horizontal axis are given years and on the vertical annual CO₂ emissions in billions tons

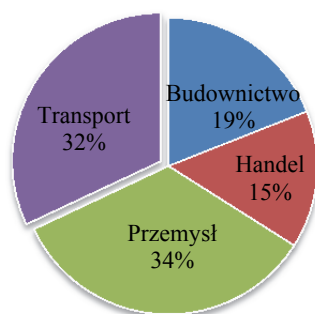


Rys. 2. Rekonstrukcja zmian temperatury półkuli północnej i pomiary instrumentalne temperatur lądowych na półkuli północnej (niebieski) (Moberg i inni 2005) oraz pomiary instrumentalne temperatur lądowych na półkuli północnej (czerwony) (Cook 2010, Etheridge i inni 1998, HadCRUT3 2010). Na osi poziomej podano lata a na pionowej roczne przyrosty temperatury w °C

Fig. 2. Reconstruction of changes in temperature and the instrumental temperature measurements of terrestrial in the northern hemisphere (blue) (Moberg et al. 2005) and the instrumental temperature measurements of land in the northern hemisphere (red) (Cook 2010, Etheridge et al. 1998, HadCRUT3 2010). On the horizontal axis are given years and on the vertical annual temperature rise in °C.

Przemysł samochodowy wyemitował do atmosfery w ostatnich dwudziestu latach XX wieku ponad 32% (rys. 3) tej substancji (Mehrđad i inni 2010). Z tego względu czynione s próby minimalizacji szybko narastajcego problemu poprzez wprowadzenie norm ograniczających dopuszczalne poziomy emisji CO₂ do poziomu minimalnego.

Emisja CO₂ spowodowana działalnością człowieka



Rys. 3. Procentowy wykres emisji CO₂ pod koniec XX wieku w wybranych działach związanych z działalnością człowieka, (Mehrđad i inni 2010)

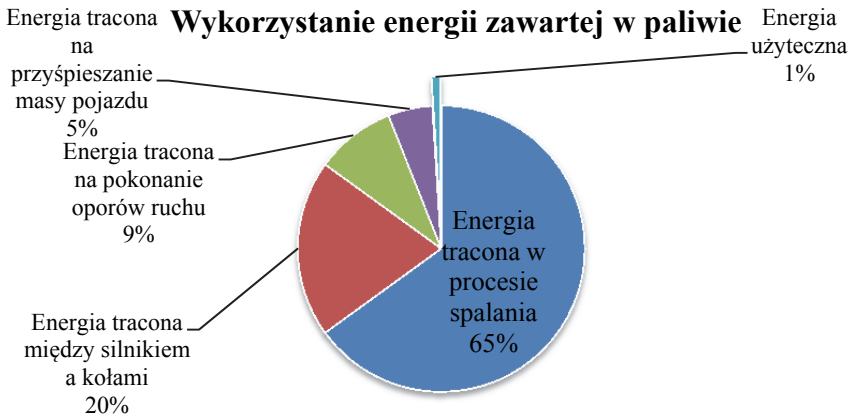
Fig. 3. Percentage graph of CO₂ emissions at the end of the twentieth century in selected sectors related to human activity, (Mehrđad et al 2010)

Ograniczanie emisji spalin byłoby bardzo korzystne w procesie ochrony przed ich negatywnym oddziaływaniem na atmosferę i całe naturalne środowisko. Jest to jednak trudne zadanie do realizacji. Pomimo ponad 130-letniego udoskonalania ciepłny silnik spalinowy jest nadal zaskakująco nieefektywny pod wzgłędem energetycznym. W efekcie musi spalać duży paliwa i z tego powodu emitować duże ilości szkodliwych spalin.

3. Problemy z ograniczeniem emisji spalin w silnikach ciepłnych

Sprawność silników ciepłnych na ogół nie przekracza 35% w procesie zamiany energii zawartej w paliwie na energię mechaniczną, której nie więcej niż 15% dostarczane jest do kół pędnych. Z tego tylko 6% energii zawartej w paliwie jest wykorzystywane do przyśpieszania (bądź

zatrzymywania) napędzanej masy (Heywood 2006). Uwzględniając, że około 95% tej masy stanowi sam pojazd, to do przewiezienia kierowcy z pasażerem i niewielkim ładunkiem (w sumie około 140 kg) zużywane jest mniej niż 1% (rys. 4) energii zawartej w paliwie (Heywood 2006). Jest to porażająco mała wartość, która tłumaczy, dlaczego trzeba spalać tak dużo paliwa, a w efekcie emitować olbrzymie ilości szkodliwych spalin.



Rys. 4. Procentowy wykres wykorzystania energii zawartej w paliwie w procesie przekształcania jej na energię mechaniczną wykorzystywaną do napędu samochodu z silnikiem spalinowym, (Heywood 2006)

Fig. 4. Percentage graph of energy contained in the fuel in the process of converting it into mechanical energy used to drive the car with an internal combustion engine, (Heywood 2006)

Jest to główny powód uniemożliwiający w transporcie ograniczenie emisji szkodliwych produktów spalania, ponieważ powszechnie używane są w nim tak nieekonomiczne i nieekologiczne silniki spalinowe. Ich całkowita sprawność energetyczna (uwzględniająca pełny cykl wytwarzania, dystrybucji i zużytkowania energii w pojeździe) jest wielokrotnie mniejsza w porównaniu z mogącymi je z powodzeniem zastąpić bezemisyjnymi, (osiągających sprawność ponad 90%) silnikami elektrycznymi.

Można zadać pytanie, czy nie podjęto starań, żeby zmienić tak niekorzystną sytuację? Odpowiedź jest twierdząca. W roku 1993 w USA powołano Konsorcjum na rzecz Pojazdów nowej Generacji PNGV

(*Partnership for a New Generation of Vehicles*), w skład którego weszły trzy największe wówczas amerykańskie koncerny samochodowe: Ford, General Motors i Chrysler oraz Rząd USA (pokrywający w 50% koszty projektu). W ramach tego konsorcjum postawiono skonstruować w ciągu 10 lat samochód zużywający tylko trzy litry paliwa na 100 km. Pojazd miał zachować taki sam poziom bezpieczeństwa, komfort jazdy, dynamikę oraz cenę porównywalną z pięciomiejscowym amerykańskim samochodem osobowym średniej wielkości. Po sześciu latach intensywnych poszukiwań i wydatkowaniu ponad 2 mld dolarów okazało się, że stworzenie tak oszczędnego i ekologicznego pojazdu jest niemożliwe. Prawa fizyki w obszarze termodynamiki okazały się zbyt trudne do pokonania (Zorpette 1999).

4. Samochód elektryczny – remedium na szybkie rozwiązanie problemu?

Jedynym rozsądnym rozwiązaniem narastającego problemu zanieczyszczenia atmosfery produktami spalania byłyby szybkie przejście na transport samochodowy z napędem elektrycznym (umożliwiającym przekazywanie energii na koła pędne ze sprawnością rzędu 65%), który mógłby stać się idealnym rozwiązaniem problemu, ponieważ silnik elektryczny jest praktycznie bezemisyjny a pod względem sprawności w procesie zamiany energii elektrycznej na mechaniczną trzykrotnie przewyższa silniki cieplne (rys. 5).

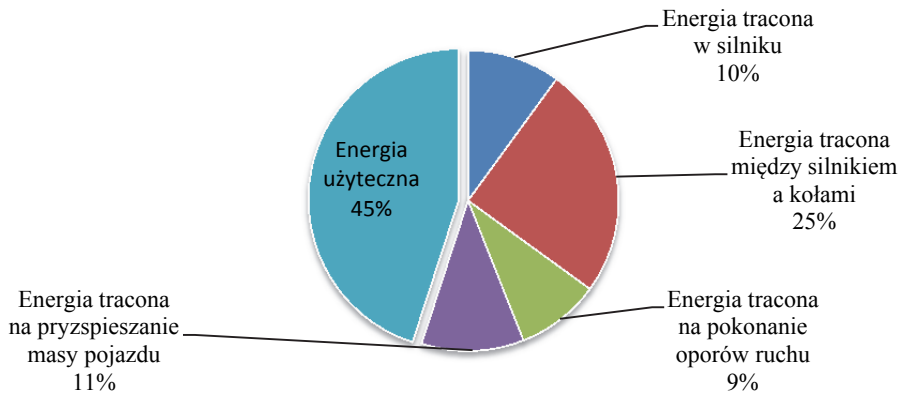
Ze strony zwolenników silników cieplnych pada jednak zarzut, że przy obecnych cenach źródeł energii napęd elektryczny nie jest ekonomiczny. Jeżeli rzetelnie przeliczyć koszty, uwzględniając stosunek energii włożonej do pozyskanej, to okazuje się, że najdalej (a więc i najtaniej) na jednym gigadżulu energii zainwestowanym w jej wytworzenie można w USA przejechać samochodem elektrycznym, bo aż 10 460 km, tradycyjnym benzynowym 5800 km, napędzanym benzyną z piasków bitumicznych 1770 km a benzyną z łupków 1450 km.

Przebyta odległość obliczono z uwzględnieniem energii wymaganej do wytworzenia każdego z paliw a także gęstości energii zawartej w jej nośnikach a dla pojazdów elektrycznych koszt transmisji energii elektrycznej (Inman 2013). Porównując całkowitą sprawność energetyczną oraz względy ekonomiczne wynikające z wytworzenia energii

potrzebnej do napędzania pojazdów wyraźną przewagę zyskują samochody z napędem elektrycznym.

Oponenci globalnej elektryfikacji transportu argumentują, że pojazdy elektryczne z elektrochemicznymi zasobnikami energii nie są do końca tak ekologiczne, bo wymagają do ich ładowania energii elektrycznej, która na obecnym etapie jest pozyskiwana głównie ze spalających paliwa kopalne elektrowni ciepłych, emitujących do atmosfery, ponad 34% globalnej emisji CO₂ spowodowanej działalnością człowieka.

Wykorzystanie energii elektrycznej w pojeździe



Rys. 5. Procentowy wykres wykorzystania energii elektrycznej w procesie przekształcania jej na energię mechaniczną wykorzystywaną do napędu samochodu elektrycznego, (Mehrhad i inni 2010)

Fig. 5. Percentage graph of electricity use in the process of converting it into mechanical energy used to drive the electric car, (Mehrhad et al. 2010)

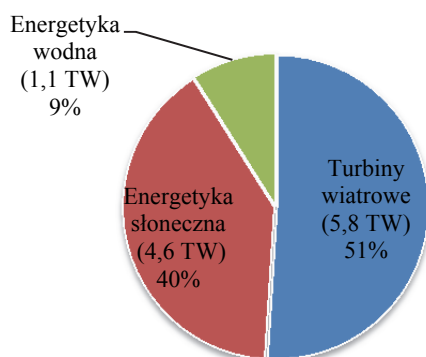
Oczywiście należy zgodzić się, że samochody elektryczne są na tyle ekologiczne, na ile ekologiczny jest sposób wytwarzania energii służącej do ładowania baterii akumulatorów w nich stosowanych. Amerykańscy naukowcy ze Stanford University przez około 10 lat prowadzili badania w tym zakresie i na podstawie uzyskanych wyników twierdzą, że realne jest, aby do 2030 roku całą energię elektryczną na świecie produkować z odnawialnych źródeł energii wiatru, wody i słońca – tzw. systemu WWS (ang. *Wind, Water, Sun*), pod warunkiem, że przystąpi się w skali globalnej do jak najszybszego wdrażania go w życie (Jacobson 2009).

5. System WWS niezbędnym elementem składowym globalnego systemu ochrony atmosfery przed szkodliwą emisją produktów spalania

Zgodnie z danymi *Energy Information Administration*, potencjalny poziom zużycia energii elektrycznej na świecie wymaga źródeł o łącznej mocy 12,5 TW. Gdyby zastosować wyłącznie odnawialne źródła WWS, to zapotrzebowanie to zmalałoby do 11,5 TW. Osiągnięto by to dzięki rezygnacji z procesu spalania, który pozwala praktycznie na pozyskanie nie więcej niż 40% energii zawartej w paliwie. Do roku 2030 szacuje się, że zapotrzebowanie na moc niezbędną do zaspokojenia wymaganego poziomu energii elektrycznej wzrośnie w tradycyjnym systemie elektroenergetycznym do 16,9 TW.

Szczegółowe badania wskazują, że przy istniejącym stanie wiedzy i znanych rozwiązaniach technologicznych, do produkcji energii elektrycznej można pozyskać moc wiatru rzędu 40-85 TW (z dostępnych 1700 – przy obecnym wykorzystaniu zaledwie 0,02 TW) oraz 580 TW (z możliwych do pozyskania 6500) mocy promieniowania słonecznego, której na dzień dzisiejszy wykorzystuje się zaledwie 0,008 TW (Jacobson 2009).

Prognozowane pokrycie światowego zapotrzebowania na moc (11,5 TW)



Rys. 6. Prognozowane pokrycie światowego zapotrzebowania na moc
Fig. 6. Projected coverage of global demand for power

Do pokrycia prognozowanego zapotrzebowania na moc rzędu 11,5 TW należałoby uruchomić 3,8 mln turbin wiatrowych o mocy 5 MW każda. Pokryłyby one 51% (5,8 TW) zapotrzebowania na niezbędną moc. Kolejne 40% (4,6 TW) pochodziłoby z baterii fotowoltaicznych i systemów skupiających energię słoneczną w elektrowniach. Oznaczałoby to konieczność wybudowania 49 tys. elektrowni słonecznych o przeciętnej mocy 300 MW każda (rys. 6). Pozostałe 9% energii produkowałyby elektrownie wodne (70% z nich już istnieje). Całkowity koszt systemu WWS w ciągu 20 lat wyniósłby na świecie około 100 bilionów dolarów (Jacobson 2009).

Innym argumentem zwolenników elektrowni wykorzystujących ciepłe silniki spalinowe do napędu generatorów elektrycznych jest cena energii przy uwzględnieniu kosztów wygenerowania i przesłania w sieci. W roku 2009 w USA cena kilowatogodziny energii wiatru, geotermalnej i hydroelektrycznej wynosiła mniej niż 7 centów, z konwencjonalnych źródeł około 7 centów a cena energii pochodzącej z fal i słoneczna była nieco wyższa (Jacobson 2009). Konkurencyjność cenowa energii pozytywnie w nim wzrasta szybko, jeżeli w obliczeniach kosztów uwzględnia się przeliczone na pieniądze nakłady związane z uszczerbkami na zdrowiu ludzi, szkodami wyrządzonymi w środowisku naturalnym i niekorzystnym wpływem na klimat.

Przy rozsądnej polityce międzynarodowej już za 10-15 lat można będzie pozyskiwać z systemu źródeł WWS 25% energii a za 20 do 30 lat niemal 100%. Bardziej realna jest chyba perspektywa 40-50 lat. Byłby to duży sukces, ponieważ za około 50 lat (BP 2014) może zabraknąć węglowodorowych paliw kopalnych o cenie zbliżonej do stanu obecnego, (Jacobson 2009).

6. Szanse szybkiego wprowadzenia na rynki światowe samochodu elektrycznego

Pomimo wielu technicznych problemów do przewyciężenia oraz hamującego oddziaływania potężnego lobby paliwowo – silnikowego prace nad wprowadzeniem samochodów elektrycznych wznowiono w wieku dwudziestym. Nie każdy bowiem wie, że pierwszym samochodem był pojazd elektryczny, który pojawił się na początku XIX wieku. Wyprzedził on prawie o 50 lat samochód napędzany silnikiem spalinowym.

W ostatnim okresie czasu za najciekawszą propozycję w dziedzinie samochodów elektrycznych należy uznać produkty amerykańskiej firmy Tesla Motors, która w roku 2008 wprowadziła do sprzedaży pierwszy model Tesla Roadster.

W kwietniu 2016 roku przedstawiła w atrakcyjnej cenie 35 tys. dolarów propozycję czwartego z kolei (po Tesla Model oraz Tesla Model X) produktu o nazwie Tesla Model 3. Umożliwić ma on przejechanie 350 km na jednym ładowaniu. Jeżeli uda się szybko zrealizować pomysł stworzenia sieci stacji automatycznej wymiany akumulatorów, to zniknie praktycznie ostatnia bariera powszechnego wdrożenia transportu drogowego opartego o napęd elektryczny. Tesla Motors przedstawiła rozwiązanie umożliwiające taką wymianę w przeciągu 90 sekund (Lawler 2013). Należy oczywiście doprowadzić do takiej sytuacji, że dla przejechania takiego samego dystansu koszt wymiany akumulatorów w samochodzie elektrycznym powinien być porównywalny z kosztem zatankowania pojazdu z silnikiem spalinowym.

Literatura

- Boden, T. A., Marland, G., Andres, R. J. (2009). Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO Emissions. *Carbon Dioxide Information Analysis Center*. Oak Ridge, Tenn.: Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy.
- BP, *BP Statistical World Energy Review* (2014).
<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report>.
- Chu, J. (2013) *Study: Air pollution causes 200,000 early deaths each year in the U.S.* MIT News Office. <http://news.mit.edu/2013/study-air-pollution-causes-200000-early-deaths-each-year-in-the-us-0829>.
- Cook, J. (2010) *Przewodnik Naukowy do Sceptycyzmu Globalnego Ocieplenia*. Skeptical Science. www.skepticalscience.com.
- Etheridge, D.M., Steele, L.P., Langenfelds, R.J., Francey, R.L., Barnola, J.- M. and Morgan, V.I. (1998), *Historical CO records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores*. In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- HadCRUT3 (2010). *Global monthly surface air temperatures since 1850*.
<http://hadobs.metoffice.com/hadcrut3/index.html>.
- Heywood, J. B. (2006). Tabor na diecie. *Świat Nauki*, 182, 34-38
<https://www.teslamotors.com/models>.

- Inman, M. (2013). Prawdziwa cena paliw kopalnych. *Świat Nauki*, 261, 45-47.
- Jacobson, M. Z., Delucchi, M. A. (2009). Moc trzech żywiołów. *Świat nauki*, 220, 58-65.
- Lawler, R., *Tesla's 90 second battery swaps will power EVs faster than gas pumps fill tanks*. <http://www.engadget.com/2013/06/21/tesla-motors-battery-swaps-faster-than-gas/>.
- Mehrdad, E., Gao, Y., Emadi, A. (2010). *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles*. New York: CRC Press.
- Moberg, A. et al, (2005). *2,000-Year Northern Hemisphere Temperature Reconstruction*. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series # 2005-019. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.
- Tietge, U., Mock, P. *CO₂ emissions from new passenger cars in the EU: Car manufacturers' performance in 2013*, The International Council of Clean Transportation. www.theicct.org/info-tools/global-passenger-vehicle-standards.
- Zorpette G., (1999). W oczekiwaniu na supersamochód. *Świat Nauki*, 94, 20-22.

Electric Car and Atmosphere Protection

Abstract

The article attempts to perform a concise analysis of the impact of toxic emissions from internal combustion engines used in road transport to the rapidly deteriorating physicochemical state of the atmosphere. Apart from the problems associated with air pollution and the environment at the stage of extraction, transport and processing of liquid and gaseous hydrocarbon fossil fuels, the biggest problem associated is with the mass poisoning of the atmosphere by the products coming out from the exhaust pipes of all (land, sea and air) means of transportation. These include first and foremost: oxides of nitrogen, carbon, sulfur and unburned hydrocarbons (and lead compounds, which until recently were widely used in the production of fuels). In many of the published results of the studies it was showed that they threaten the health and even the life of man. It is estimated that in the US in 2013 approximately 53,000 people died due to the negative effects exhaust gas have on the human body. These substances not only pollute the air we breathe, but also contribute to the creation of so-called acid rain, which threaten the flora and fauna all over the Earth. Moreover, they significantly affect the acceleration of the greenhouse effect.

The second chapter presents in what way the car transport negatively influences the state of the atmosphere with particular emphasis on fast growing greenhouse effect, caused by the increase of carbon dioxide in the upper atmosphere.

The third chapter is the analysis of problems related to the reduction of exhaust emissions from motor vehicles. It shows that it is impossible to limit these emissions, because combustion engines are highly inefficient: carrying the driver with a passenger and light luggage (for a total of about 140 kg) consumes less than 1% of the energy contained in the fuel. This translates into unproductive combustion of large quantities of fuel and consequently the emission of enormous quantities of harmful exhaust emissions.

In the fourth chapter an attempt was made to answer the question: as far as protection of atmosphere is concerned, can the electric car be an effective remedy for the hazardous products of combustion? The answer is positive, because electric motors are practically emission-free and in superior to heat engines in that they are three times more effective in converting electrical energy into mechanical one. However, the main problem may consist in the necessity of universal and quite rapid transition to production of electricity from carbon-free renewable energy sources: wind, water, sun.

The fifth chapter presents the results obtained by a team of researchers from Stanford University who attempted to create an alternative to the traditional system of electricity generation consisting in the burning fuels in thermal power plants. This alternative is WWS, an emission-free system based on the usage of the energy contained in wind, flowing water, and solar radiation. The presented data show it is possible to achieve global transition to WWS system within the next 30-50 years.

In the sixth chapter we review the state of development in the area of electric cars production in the world. Emerging solutions and a lot of interest from potential buyers give positive feelings. If we realize the idea of creating a network of stations for automatic battery exchange (Tesla Motors has presented a solution for such exchange within 90 seconds), at a price of exchange not exceeding prices of refueling an internal combustion engine vehicle, with enough fuel enabling traversing the comparable distance, then the last barrier to widespread implementation of road based transport with electric drive will practically disappear.

Słowa kluczowe:

transport samochodowy, ochrona atmosfery, samochód elektryczny

Keywords:

road transport, atmosphere protection, electric car