

55/2003

Raport Badawczy
Research Report

RB/37/2003

**Informacje o rozwoju
technologii ogniw paliwowych**

W. Ciechanowicz, Z. Uhrynowski

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk

Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 8373578

fax: (+48) (22) 8372772

Kierownik Pracowni zgłaszający pracę:
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Nahorski

Warszawa 2003

Informacje o

Rozwoju Technologii Ogniw Paliwowych

Wiesław Ciechanowicz, Zygmunt Uhrynowski

Instytut Badań Systemowych, PAN

1 Uwagi wstępne

Konsekwencją przełomu technologicznego w skali globalnej, polegającego na zastępowaniu konwencjonalnych źródeł energii ogniwami paliwowymi jest nie tylko zapotrzebowanie na światowy produkt globalny, w sensie strategicznego paliwa, jakim ma być metanol, ale również rynek technologii ogniw paliwowych jako źródeł energii.

Przewiduje się, że w 2010 roku rynek ogniw paliwowych może osiągnąć 20 miliardów USD. W następnej dekadzie rozwój ogniw paliwowych, obejmujący wszystkie możliwe zastosowania, ma stworzyć globalny rynek oceniany rocznie na 1.6 trylionu USD. Należy dążyć do tego aby Polska mogła zaistnieć na tym rynku.

Gdyby założyć, że potencjalny udział Polski w tym rynku mógłby wynosić jedynie 1/ 5 000 000 udziału korzyści dla budżetu od sprzedaży mogłyby osiągnąć $0.2 * 320 \text{ mld USD/rok} = 64 \text{ mld USD}$.

Poniżej przedstawia się informacje o rozwoju ogniw paliwowych, które pochodzą z informacji przekazywanych autorom niniejszego artykułu, jako członkom „Fuel Cell 2000”, przez organizację „Eye For Fuell Cell”, USA.

2 Podręczne urządzenia elektroniczne - ogniwa paliwowe zasilane bezpośrednio metanolem

Firmy rozwijające produkcję:

- 1. MTI Micro Fuel Cells Inks, 2. Harris Corporation, 3. Instant Power, USA,**
- 4. Smart Fuel Cell AG, Niemcy, 5. Alberta Research Council, Kanada**

Termin opanowania produkcji:

MTI Micro Fuel Cells Inks wspólnie z **Harris Corporation** 2002 podało do wiadomości, że opracowują prototyp mikro ogniwa paliwowego w przenośnych podręcznych odbiorników radiowych zasilanych metanolem, mającego mieć zastosowanie przez siły obronne. Mają one znaleźć się w handlu w 2004 roku.

Instant Power w 2002 planowało wyposażać **Ritz kamery** w ogniwa paliwowe. Umożliwi to ciągłą pracę kamery przez 12 godzin przy jednym zasilaniu w paliwo.

W 2002 - **Smart Fuel Cell AG (SFC)**, Monachium, Niemcy, zaprezentowało prototyp ogniwa paliwowego przenośnego zasilanego metanolem, które ma mieć zastosowanie w urządzeniach elektronicznych.

2002 - **Alberta Research Council**, Edmonton, Kanada, doniosła 13.11.2002 o osiągnięciu milowego kroku w adaptacji technologii ceramicznych ogniw paliwowych do małych rozmiarów, mogących znaleźć zastosowanie w urządzeniach przenośnych. Szczególnie może to dotyczyć zasilania osobistych komputerów. Może również znaleźć zastosowanie w innych

urządzeniach, jak dla przykładu wentylatory. Pojedyncze ogniwo stanowi ceramiczna rura o średnicy 2 mm i długości 2 cm. Może być zasilane naturalnym gazem, butanem lub propanem.

3 Podręczne urządzenia elektroniczne - polimerowe ogniwa paliwowe zasilane wodorem

2003 - EBRA Corp planuje sprzedaż ogniw paliwowych polimerowych w Japonii. System całkowicie przenośny będzie generował moc równą 900 W. W pierwszych latach zamierz się sprzedawać kilka set rocznie.

4 Generatory energii elektrycznej i ciepła - ogniwa paliwowe zasilane bezpośrednio metanolem

Firmy rozwijające produkcję: Ballard, General Motors, Houston Advanced Research Center

Termin opanowania produkcji: 2003 - 2004

2002 - Ballard wprowadza do handlu ogniwa paliwowe zasilane bezpośrednio metanolem, mające mieć zastosowanie w gospodarce komunalnej o mocy w granicach 1 kW do 250 kW. Ma to przyspieszyć dla **Ballarda** zwrot kapitału ponoszonego na rozwój tych ogniw najpóźniej do 2006 roku.

2002 – General Motors:

- w końcu 2003 roku będzie dysponował wersją prototypową,
- pierwsze systemy ogniw paliwowych mają ukazać się w sprzedaży w 2004 roku.

2002 – **Houston Advanced Research Center (HARC)** podłączono do sieci 5-cio kW ogniwo polimerowe firmy Ballard.

5 Generatory energii elektrycznej i ciepła - ceramiczne ogniwa paliwowe

Firmy rozwijające produkcję:

USA:

1. Plug Power Fuel Cells,
2. Long Island Power Authority,
3. Acumetric Corporation,
4. Siemens Westinghouse,
5. Blasch Precision Ceramics,
6. Albany,
7. Fuel Cell Technologies,
8. Connecticut Clean Energy Fund,
9. United Technologies Corporation Fuel Cells,
10. Fuel Cell Energy i PPL Corp,
11. Global Thermoelectric,
12. National Fuel Cell Research Center,
13. South Jersey Industries (SJG),
14. TechSys,

AUSTRALIA: Ceramic Fuel Cells,

NIEMCY: Nuvera Fuel Cells Inc,

FINLANDIA: NAPS,

ESTONIA: Estonian Technology Agency (ESTAG) i Elcogen AS

WŁOCHY: Avista Labs,

SZWAJCARJA: Sulzer Hexis Ltd,

JAPONIA: 1. Nippon Oil Comp., 2. Panasonic Technologies,

Firmy, które opanowały produkcję i rozpoczęły instalowanie w 2002 roku:

Plug Power Fuel Cells w 2002 zainstalowała 10 systemów ogniw paliwo wych 5-cio kW zasilanych **gazem naturalnym**. Utworzyło sieć 13 dystrybutorów ogniw paliwowych w 100 powiatach stanu Georgia.

Long Island Power Authority zainstalowało w 2002 – 16; w 2003 – 45 stacjonarnych ogniw paliwowe o mocy 5 kW energii elektrycznej i 9 kW ciepła, zasilane **gazem naturalnym**.

Acumetric Corporation zaczęło sprzedawać 2-kW ogniwa paliwowe, zasilane **gazem naturalnym**.

Siemens Westinghouse przekazał do eksploatacji system Star Sine 250 kW kolejnej ulepszonej generacji. Koncentruje się nad kolejną generacją 5 do 7 kW ogniw paliwowych jako dostawcy elektryczności i ciepła w gospodarkach komunalnych i obiektach odosobnionych,

Albany, N.Y. wspólnie z **Siemens Westinghouse** opracowało 3 do 10 kW jednostki, mające mieć zastosowanie jako pomocnicze generatory mocy w przemyśle samochodowym.

Fuel Cell Technologies rozpoczęło testowanie ogniwa paliwowego o mocy 5 kW zasilane **gazem naturalnym**, jako dostawcy energii elektrycznej i ciepła do gospodarstw domowych, małych przedsiębiorstw handlowych i osiedli mieszkaniowych.

Ceramic Fuel Cells – Australia, opracowało prototyp ogniwa paliwowego o mocy 40 kW, z przeznaczeniem do handlu jako stacjonarne źródło energii, zasilane **gazem naturalnym** lub **metanem**.

Connecticut Clean Energy Fund sfinansowało i zainstalowało generator o mocy 200 kW w South Windsor High School, nie tylko w celu zasilania szkoły w energię, ale w celu szkolenia studentów.

United Technologies Corporation Fuel Cells zainstalowało generator o mocy 200 kW w szpitalu w Austin, Texas, USA.

Fuel Cell Energy i PPL Corp podjęły się zainstalowania systemu ogniw paliwowych o mocy 250 kW w Ocean Country in Toms River, New Jersey, USA.

Nuvera Fuel Cells Inc, zainstalowała w gospodarstwach domowych w **Niemczech**, 25 ceramicznych ogniw paliwowych w celu ich testowania. Moc wyjściowa tych ogniw to 5 kW energii elektrycznej i 7 kW ciepła.

NAPS, Finlandia zamówiła w **H Power Corp of Belleville, N.J.** ogniwa paliwowe 500 W zasilane **wodorem**. Ogniwa mają być testowane w warunkach Finlandii. **NAPS** zainstalowała

w Szwecji system ogniw paliwowych o mocy 4 kW, w Environmental Information Centre in Hammarby Sjostad Stockholm.

Estonian Technology Agency (ESTAG) i Elcogen AS podpisali kontrakt z rządem Estonii, w myśl którego rząd ma finansować rozwój technologii ogniw paliwowych jako stacjonarnych generatorów energii elektrycznej i ciepła o mocy 1 kW zasilanych **gazem naturalnym**.

Global Thermoelectric opracowuje ceramiczne ogniwa paliwowe o mocy 2 kW z przeznaczeniem dla gospodarki komunalnej.

National Fuel Cell Research Center, w 2003 roku system ogniwo paliwowe – mikro turbina gazowa osiągnął komercyjny rynek. Moc wyjściowa wynosi 190 kW, wystarczającą dla zasilania 200 domów.

Department of Energy (DOE) i Energy and Fuel Cell Energy Inc. przeznaczają 16 mln USD na opracowanie dwóch demonstracyjnych jednostek:

- 40 MW system integrujący ogniwa paliwowe i turbinę, zasilany **gazem naturalnym** o sprawności 75 %,
- stacjonarny system integrujący ogniwo paliwowe i 60 kW mikro turbinę.

Nippon Oil Comp. w 2.06.2002 rozpoczął testowanie ogniw paliwowych zasilanych **propanem** w domach mieszkalnych. Testowanie ma trwać około roku. W 2005 roku rozpoczęcie sprzedaży tych systemów.

Firmy, które opanowały produkcję i rozpoczęły instalowanie w 2003 roku:

FuelCell Energy i PPL Corp odda do użytku, na początku 2003, 250 kW system ceramicznych ogniw paliwowych, jako źródło energii elektrycznej i ciepła.

Avista Labs w 2003 podpisało umowę z **SGS Future**, działającą na rynku **Włoch**, w myśl, której ogniwa paliwowe Avisty były by promowane i sprzedawane we Włoszech. Umowa obejmowałaby generatory o mocy 1 kW, osiągalne w 2002, i 200 kW osiągalne w 2003 roku.

Sulzer Hexis Ltd, szwajcarski promotor ogniw paliwowych, podpisał umowę w 2003 roku z dostawcą naturalnego gazu w Szwajcarii na przetestowanie generatora ogniw paliwowych zasilającego w energię 30 gospodarstw domowych. Pierwsza seria 400 systemów ogniw paliwowych będzie instalowana i testowana w Niemczech, Austrii i Szwajcarii. Moc generatorów ma wynosić: 1 kW- energia elektryczna; 2.5 kW ciepła. Na przełomie 2004 i 2005 roku produkcja ogniw paliwowych ma być rozwijana na dużą skalę.

TechSys, USA, strategiczny partner Wielkiej Brytanii w zastosowaniu ogniw paliwowych, w szczególności ceramicznych ogniw paliwowych.

South Jersey Industries (SJG) zainstalowało generator ogniw paliwowych 200 kW w Stockton College of New Jersey at Pomona, USA.

Panasonic Technologies opracowuje na rynek japoński ogniwa paliwowe o mocy 1 kW mające mieć zastosowanie w pojedynczych gospodarstwach domowych.

6. Ognia paliwowe zasilane metanem, produktem beztlenowej fermentacji osadów komunalnych, przeznaczone do utylizacji ścieków komunalnych i przemysłowych

2002 – **Fuel Cell Energy** oferuje oczyszczalnie ścieków komunalnych i przemysłowych. Są one wyposażone w 250 kW ceramiczne ognia paliwowe zasilane metanem - produkt beztlenowego zgazowywania odpadów komunalnych.

Fuel Cell Energy wspólnie z **Marubeni Corporation** nawiązało współpracę w instalowaniu ogniw paliwowych zasilanych metanem przeznaczanych do utylizacji ścieków w Nippon Metal Industry, w Japonii. Poprzednio **Marubeni** zainstalowała 250 kW-we systemy ogniw paliwowych w oczyszczalniach osadów w Fukuoka Metropolitan District i w Browarze Kirin w pobliżu Tokio.

2003.02.14 – **The Kyoto Research Institute** opracowuje dla firmy Sharp Corp. technologie utylizacji śmieci poprzez upłynianie ich do glukozy, mikrobiologiczną konwersję glukozy do wodoru wykorzystywanego w ogniwach paliwowych jako lokalnych generatorów energii elektrycznej w gospodarstwach domowych.

7 Transport samochodowy - ognia paliwowe zasilane bezpośrednio metanolem

Firmy rozwijające produkcję:

Daimler Chrysler, Ford, Honda, Nissan, Toyota, Volvo - ognia paliwowe zasilane metanolem

General Motors - ognia paliwowe zasilane wodorem

Renault, Peugeot, Citroen – brak informacji jakiego rodzaju ogniw zamierzają stosować

Termin opanowania produkcji samochodów napędzanych ogniwami paliwowymi

Daimler Chrysler:

2002.06.05 - pierwsza partia samochodów została dostarczona do Washingtonu. Methanex, największy światowy producent metanolu, rozpoczął organizację dystrybucji metanolu w USA.

2003 -

- wprowadza w Europie, Japonii, Singapurze i USA, w celu przeniesienia tego samochodu z etapu rozwoju do etapu testowania, 60 samochodów NECAR 5 - Mercedes-Benz klasy A ,

Ponadto:

- przekaże w użytkowanie 30 autobusów w 10 miastach Europy: Amsterdamie, Barcelonie, Hamburgu, Londynie, Luxemburgu, Madrycie, Porto, Reykjaviku, Sztokholmie i Sztutgarcie, oraz trzy w Australii.

Ford, Germany

2004 - planuje rozpoczęcie sprzedaży na rynku Niemiec produkowanych masowo samochodów.

Docelowo ma osiągnąć wielkość produkcji w 2010 roku przynajmniej **620 000 samochodów** rocznie.

2010 - General Motors:

- zamierza w latach **2010-2020** sprzedać od **80 do 90 mln** samochodów,
- ma stosować własne rozwiązanie pozwalające stosować wodór w stanie gazowym.

Redukcja kosztów do obecnie opracowywanych technologii silników wewnętrznego spalania w General Motor ma być osiągnięta w końcu 2010 roku.

2002 - General Motor wspólnie z Federal Express Corp. przeprowadza pierwszy komercyjny test samochodów napędzanych ogniwami paliwo wymi w Japonii. Program testowania będzie wykonywany od 2003 do 2004 roku. Będzie to samochód zasilany ciekłym wodorem.

2002 - Honda przekazała władzom miasta Los Angeles 5 prototypowych samochodów, planuje przekazać w użytkowanie około 30 samochodów w Kalifornii i Japonii w ciągu dwóch, trzech lat. Obecnie nie posiada planów rozpoczęcia masowej produkcji tego typu samochodów. Zaadoptowała do swojej produkcji, moduł ogniw paliwowych zasilanych bezpośrednio metanolem Mark 902.

2003 - Nissan trzeci co do wielkości producent samochodów w Japonii, obok Toyoty i Hondy, wprowadził do eksploatacji w USA i Japonii testowane samochody napędzane ogniwami paliwowymi, współpracując z Ballard Power Systems Inc.

2002 - Toyota przekazała w użytkowanie około 20 samochodów organizacjom rządowym, instytucjom naukowym i towarzystwom energetycznym w Japonii i USA. Przewiduje się, że samochody te mogą być osiągalne handlowo najwcześniej w 2010 roku.

2002 Toyota wspólnie z **Hondą** rozpoczęły oficjalnie marketing. Pełna komercjalizacja ma nastąpić za kilka lat.

2005 - Toyota powiadamia o redukcji kosztów produkcji poprzez zmniejsza nie objętości platyny stosowanej jako katalizatora na anodzie ogniwa. W 2005 roku na rynek dostarczy 300 000 jednostek.

2010 - Japonia, Honda, Nissan, Toyota - Do 2010 roku administracja rządowa Japonii planuje eksploatować 50000 samochodów. W następnej dekadzie, po 2010 roku, po drogach Japonii ma jeździć 10 milionów samochodów przyjaznych środowisku i zdrowiu ludzkiemu.

2002 - Hyundai nawiązał współpracę z Quantum Technologies WorldWide, Korea, w celu wspólnego rozwoju, produkcji i komercjalizacji samochodów napędzanych ogniwami paliwowymi na bazie samochodów Santa i Elantra.

2002 - Renault wspólnie z Nuvera Fuel Cells realizują wspólny program badań i rozwoju. Ma on zapewnić możliwość produkcji samochodów napędzanych ogniwami paliwowymi w 2010 roku.

2002 - Peugeot Citroen nawiązał współpracę z Millenium Cell Inc. dotyczącą produkcji samochodów napędzanych ogniwami paliwowymi.

2005 - Chiny. Komercjalizacja samochodów napędzanych ogniwami paliwowymi ma nastąpić w 2005 roku. W 2008 roku będą one obsługiwać igrzyska olimpijskie.

8 Transport miejski - autobusy

2002 - US Department of Transportation zawarł umowę z **United Technologies Corporation Fuel Cells** dotyczącą zaprojektowania ogniw paliwowych przeznaczonych do napędu autobusów. Ognia o mocy 200 kW mają być zasilane wodorem i produkowane przez firmę IRISBUS, Irlandia, i Thor Industries, USA.

2002 – Zapoczątkowano promocję badań i rozwoju alternatywnych paliw dla transportu w Unii Europejskiej. Dokonuje się w celu zmniejszenia szkodliwego oddziaływania paliw ropopochodnych stosowanych w transporcie, szczególnie w transporcie miejskim. Realizuje się CUTE projekt (Clean Urban Transport for Europe), dysponujący funduszem 18.5 milionów EURO, wprowadzania ulepszonej prototypowej wersji autobusów napędzanych ogniwami paliwowymi.

2002 – **Urząd miejski Tokyo** wprowadza do komunikacji miejskiej autobusy napędzanych ogniwami paliwowymi począwszy od lata **2003** roku. Ma to być debiut autobusów o zerowej emisji zanieczyszczeń.

2003, Niemcy – **Autobusy** wyposażone w polimerowe ogniwa paliwowe jako środek napędu przeszły badania testowe i są gotowe do obsługi transportu w mieście Barth.

2003.02.06 Prezydent Bush wezwał Kongres aby przyjął jego inicjatywę alternatywnego paliwa polegającą na rozwoju autobusów napędzanych ogniwami paliwowymi, co w długim horyzoncie czasowym pozwoliłoby znacznie zmniejszyć zapotrzebowanie na ropę oraz zredukować zanieczyszczenie środowiska. „Docelowo potencjalne możliwości redukcji zapotrzebowania na ropę mogą stanowić w 2040 roku – **525 mln ton ropy rocznie**”. Według planu prezydenta Busha koszt produkcji samochodów napędzanych ogniwami paliwowymi ma być konkurencyjny do konwencjonalnych samochodów w 2010 roku.

2003 – Icelandic New Energy powiadomiła o otwarciu w tym roku pierwszej stacji dystrybucji wodoru. Będą one zasilane w wodór autobusy firmy Daimler Chrysler.

2003 – MAN rozwija produkcję autobusów napędzanych ogniwami paliwowymi. Trzy takie autobusy mają w drugim kwartale tego roku obsługiwać transport pasażerski na lotnisku w Monachium. Mają być zasilane wodorem. System dystrybucji wodoru został opracowany przez firmę Dynetek Industries Ltd.

9 Transport szynowy

Rząd Japonii finansuje projekt prowadzony przez Railway Technology Institute of the Japanese National Railways Group dotyczący zastosowania ogniw paliwowych, jako alternatywnego źródła energii dla obecnie stosowanych silników dieslowskiego w transporcie samochodowym.

W Kanadzie podejmuje się inicjatywę zastosowania ogniw paliwowych do napędu lokomotyw w kopalni Val-d'Or, Quebec.

10 Transport lotniczy

Nową erą w rozwoju lotnictwa ma zapoczątkować Elektryczny Samolot, E-Plane. Dwu miejscowy samolot, w którym źródłem energii mają być ogniwa paliwowe i baterie. Zasięg jego dla pojedynczego zasilania ma wynosić 400 km. Projekt jest realizowany przez Foundation for Advancing Science and Technology Education (FASTec) oraz NASA. Uważa się, że samoloty napędzane ogniwami paliwowymi będą tworzyć nowy paradygmat w kolejnych 100 latach zaawansowanej technologii lotniczej, którą rozpoczęli 100 lat temu bracia Wright. Ze względu na to, że będą prostsze w budowie i eksploatacji, niesłychanie niezawodne (będą posiadać jeden element obracający się), neutralne wobec środowiska i niesłychanie ciche.

Pentagon's Defense Research Agency (DARPA) zlecił Boeing'owi zaprojektowanie bezzałogowego samolotu z systemem napędu wykorzystującego technologie ogniw paliwowych. W kontrakcie zaznaczono, aby w celu przyspieszenia realizacji kontraktu powinna być zastosowana obecnie osiągalna technologia ogniw paliwowych pojazdów samochodowych. W lipcu 2002 Air Forces przekazały 460 milionów USD na rozwój tego bezzałogowego samolotu, który ma realizować zadania samolotu bombardującego.

11 Transport morski

Water Transit Authority, USA i San Francisco powiadomili w marcu 2002, zamierzają budować prom morski, napędzany ogniwami paliwowymi, łączący San Francisco i Treasure Island. Połączenie to ma nastąpić w 2005 roku.

Howaldswerke-Deutsche Werft AG (HDW) w Kilonii, Niemcy, w marcu 2002 zwodowało pierwszą łódź podwodną napędzaną ogniwami paliwowymi, pierwszą z czterech klasy 212 A. Łódź podwodna dla Niemieckiej Marynarki Wojennej będzie mogła pływać w zanurzeniu przez tygodnie. W dodatku nie będzie wykrywalna, ponieważ praca ogniw paliwowych nie powoduje hałasu, ani nie wydziela ciepła do wód morskich.

12 Mikrobiologiczne ogniwo paliwowe

Na wydziale mechanicznym Uniwersytetu Berkeley opracowuje się mikrobiologiczne ogniwo paliwowe. Ma ono zrewolucjonizować system podawania lekarstwa bezpośrednio do chorego organu. Jest to szczególnie ważne dla chorych, którzy wymagają regularnego dozowania lekarstwa w odpowiedniej dawce. Zostało tam zaprojektowane jako tak zwane mikrobiologiczne

ogniwo paliwowe, o wymiarach 0.07 cm^2 . Ogniwo wytwarza wystarczającą energię, aby w ciągu dwóch godzin za pomocą zaprogramowanego dozownika doprowadzić mikroskopijną dawkę lekarstwa do chorego organu. Niezależnie od jego małych rozmiarów system jest wyjątkowy ponieważ zużywa glukozę - cukier obecny w krwioobiegu jako paliwo. Używając glukozy do zasilania „organicznych baterii” daje dalsze korzyści. Jest on bardzo dobrym odnawialnym źródłem energii. Mikrobiologiczny system zużywa do fermentacji glukozy a następnie poprzez dekompozycję atomu wodoru wytwarzać elektrony i protony. Ubocznym produktem tego procesu jest dwutlenek węgla i woda, substancje, które organizm może w sposób naturalny wydalać. Metoda ta będzie miała szczególne zastosowanie w leczeniu chorych na cukrzycę. Jest jeszcze wiele etapów rozwoju i eksperymentu zanim omawiane ogniwo znajdzie zastosowanie praktyczne w implantacji.

13 Współzawodnictwo rodzajów ogniw paliwowych na przyszłych rynkach

Jak wynika z przedstawionych informacji rynki ogniw paliwowych kształtują się jako rynki:

- podręcznych urządzeń elektronicznych,
- generatorów energii elektrycznej i ciepła w gospodarstwach domowych,
- generatorów energii elektrycznej i ciepła w obiektach użyteczności publicznej,
- transportu samochodowy - ogniwa paliwowe zasilane bezpośrednio metanolem,
- transportu miejskiego – autobusy,
- transportu szynowego – podmiejskiego,
- transportu morskiego.

Rodzaje ogniw paliwowych, które już zaistniały na tych rynkach, są następujące:

- DMFC -- polimerowe ogniwa zasilane bezpośrednio metanolem,
- SOFC - ceramiczne ogniwa paliwowe,

Tablica 1 Możliwe zastosowania i stosowane rodzaje ogniw paliwowych przez odbiorców energii

Rodzaj rynku	Możliwe rodzaje stosowanych ogniw paliwowych	Stosowane rodzaje ogniw paliwowych	Ilość stosowanych ogniw danych rodzajów
Podręczne urządzenia elektroniczne	DMFC	DMFC	5
	PEFC	PEFC	1
Generatory energii elektrycznej i ciepła w gospodarstwach domowych	SOFC	SOFC	14
	DMFC	DMFC	1
	PEFC	PEFC	1
Generatory energii elektrycznej i ciepła w obiektach użyteczności publicznej o mocy 250 kW i powyżej	SOFC	SOFC	7
	DMFC	DMFC	2
	PEFC	PEFC	0
	MCFC	MCFC	1
Generatory energii elektrycznej i ciepła w obiektach użyteczności publicznej - 250 kW	SCFC	SOFC	1
Transport samochodowy	DMFC	DMFC	6
	PEFC	PEFC	1
Transport miejski – autobusy	PEFC	PEFC	
Transport szynowy – podmiejski	PEFC	PEFC	
Transport morski	DMFC PEFC SOFC MCFC		

- PEFC - polimerowe ogniwa zasilane wodorem,
- MCFC – węglanowe ogniwo paliwowe.

Brak jest informacji o zastosowywaniu alkalicznych ogniw paliwowych AFC i fosforowych ogniw PAFC.

W tablicy 1 przedstawiono dla poszczególnych rodzajów rynku, rozumianych jako odbiorców energii, potencjalne możliwości zastosowania i rzeczywiste zastosowanie poszczególnych rodzajów ogniw paliwowych, wskazując ilość firm stosujących już dane rodzaje ogniw.

Z przedstawionych danych w tablicy 1 wynika, że ogniwa paliwowe dominują na rynku:

- podręcznych urządzeń elektronicznych - ogniwa DMFC,
- generatorów energii elektrycznej i ciepła w gospodarstwach domowych oraz w obiektach użyteczności publicznej - ogniwa SOFC,
- transportu samochodowego - ogniwa DMFC,
- transportu miejskiego autobusowego - ogniwa PEFC.

W układach utylizacji ścieków oferowanych przez firmę Fuel Cell Energy zastosowano węglanowe ogniwo paliwowe wysokiej sprawności, określane mianem Direct Fuel Cell (DFC).

Literatura

1. W. Ciechanowicz, Z. Uhrynowski, Ognia paliwowe - paliwa alternatywne – methanol, Raport badawczy IBS PAN, 2001,
2. Bioenergy, Background Paper 2, FAO/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land, 2000.
3. Ciechanowicz W., Energia, Środowisko i Ekonomia, Instytut Badań Systemowych PAN, 1-wsze wydanie 1995, 2-gie wydanie 1997.
4. Ciechanowicz Wiesław, Biopaliwa, AURA Miesięcznik Naczelnej Organizacji Technicznej, Nr 5, 2002.
5. Ciechanowicz Wiesław, Bioenergia a Energia Jądrowa, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa 2001.
6. Fuel Cell Directory Fall 2000
7. Rosenberg T.L., Biomass Energy, America's Secret Renewable Energy Resource, Renewable Energy Experts & Advocates, 1997.
8. Ciechanowicz W. et al, Problems of Economy, Energy, Water Management and Environment in the Simulation of the Sustainable Development of Regions with the Majority of Rural Areas, International Meeting „IIASA days in Ukraine”, Kiev, March 1999.
9. W. Ciechanowicz, Z. Uhrynowski: Materiały Międzynarodowego Seminarium „Strategia rozwoju obszarów wiejskich”, Warszawa, październik 2002
10. Biomass Energy in Selected Industrial Countries , Vol. 12 No. 2, October 1997.
11. O'Connell R., Fuel Cells, Revolutionary technology from the 19th Century, February 2000.
12. Angrist W.S., Direct Energy Conversion, Third Edition, Allyn and Bacon, Inc. Boston, MA.
13. Appleby A.J., Foulkes F.R., „Fuel Cell Handbook”, Van Nostrand Reinhold, New York
14. Hirschenhofer J.H., Stauffer D.B., Engelman R.R., Klett M.G., Fuel Cell Handbook, fourth edition, DOE/FETC-99/1076, November 1998.

15. Geyer B., Fuel Cells 2000, Washington DC, USA, Developments in Fuel Cell Technology, Sustainable Developments International.
16. www.daimlerchrysler.com/news/top/2000/t00406_e.htm.
17. Cameron D.S., World developments of fuel cells, Int. J. Hydrogen Energy, Vol.15, No 9, str. 669-675, 1990.
18. Appleby A.J., Coal Gasification in Fuel cell Application, Energy 12, Chapter 6, 1987.
19. Hirschenhofer J., Latest Progress in Fuel Cell Technology, IEEE-Aerospace and Electronic Systems Magazine, 7, November, 1992.
20. Hirschenhofer J. H., Status of Fuel Cell Commercialization Efforts, American Power Conference, Chicago, IL, April 1993.
21. Lindstrom O., That incredible, part 1, Chemtech August 1988, Fuel cell power plants, part 2,
22. Chemitech September 1988, Muscles, engines, and fuel cells, part 3, Chemitech, November 1988, Fuel cell markets a look at economics and commercial installations, part 4, Chemitechy January 1989.
23. Bajura R.A., Fuel Cells: Simple Solutions in a Complicated World, NETL Proceedings of Joint Fuel Cell Technology Review Conference, August 1999, Chicago, USA.
24. Chubb L. Fuel Cells, the Next Generation: Lean, Mean and Clean, in Environmental News Network, January 15, 2000.
25. Thomas S., Zalowitz, Fuel Cell - Green Power, Los Alamos National Laboratory, LA-UR-99-3231.
26. Wiens Ben I. The Future of Fuel Cells, 12 Dec. 1999, Ben Wiens Science site www.benwiens.com.
27. Looking Beyond The Internal Combustion Engine „The Promise of Methanol Fuel Cell Vehicles, American Methanol Institute, www.methanol.org.
28. www.ballard.com/print.asp:

29. Contadini, AMI, Social Cost Comparison Among Fuel Cell Vehicle Alternatives,
http://www.methanol.org/fuelcell/special/contadini_pgl.html
30. Milliken J., The DOE Transportation Fuel Cell Program: Recent Accomplishments and Future Plans, Office of Transportation Technologies US Department of Energy, 1000 Independence Avenue, SW Washington, DC 20585 USA.

