

074

OŚRODEK MECHATRONIKI - OME

Nazwa ONB/ZNB

A

Główny wykonawca

mgr inż. Andrzej Kowalski

Wykonawcy:

Piotr Stasiak

ROBOT MOBILNY DO CZYSZCZENIA I MYCIA DUŻYCH  
POWIERZCHNI PŁASKICH.

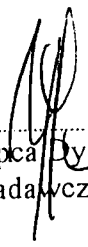
PRACE STUDIALNE I ZAŁOŻENIA.

praca jednoetapowa

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

KBN - praca statutowa PIAP

  
Kierownik ośrodka  
Zastępca Dyrektora  
d/s Badańczo - Rozwojowych

Pracę zakończono dnia 05.09.1997r.

Nr arch. 7462

Nr zlecenia S1750

1

Analiza deskrytorowa

Robot mobilny, wdrożenia robotów.

Abstrakt

Sprawozdanie zawiera przegląd światowych tendencji w zakresie robotów mobilnych do czyszczenia i mycia dużych powierzchni płaskich oraz wstępne założenia do konstrukcji takiego robota.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Rozdzielnik

Egz 1 BOINTE .....

Egz 2 OME .....

Egz 3 OME

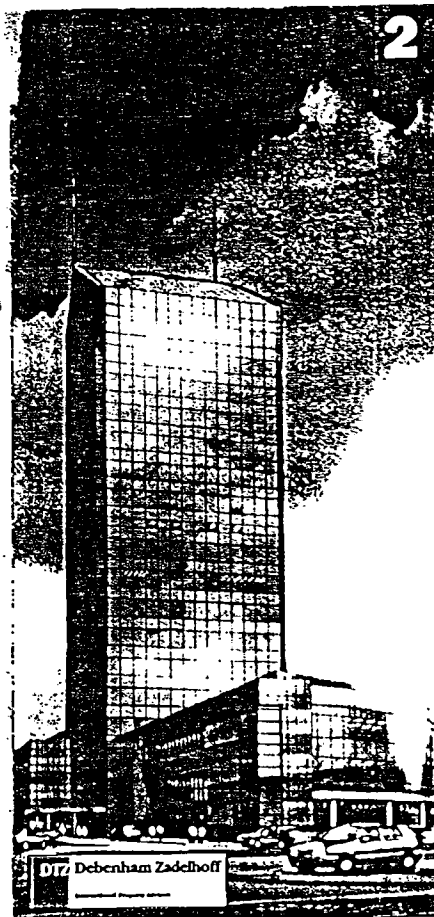
## Spis treści

1. Wstęp
2. Zakres pracy
3. Przegląd rozwiązań światowych
4. Konwencjonalny sposób mycia okien
5. Ogólna charakterystyka urządzenia
6. Założenia ogólne
7. Wnioski
8. Literatura

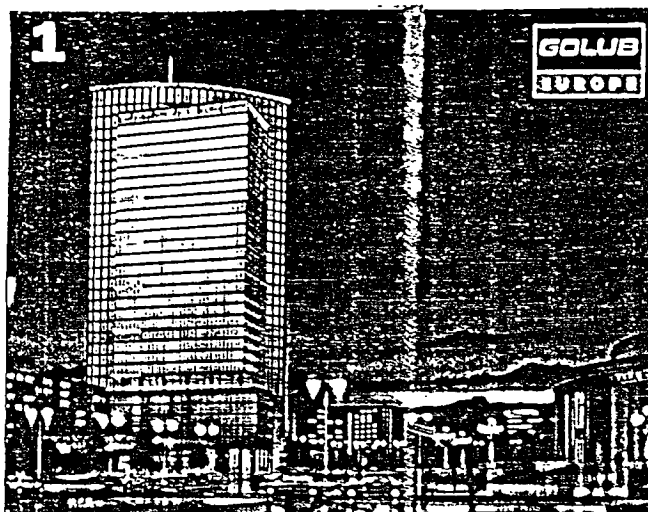
## 1. Wstęp

Trendy rozwojowe robotyki dotyczą nie tylko budowy robotów, ale również coraz większego obszaru ich zastosowań. Dotyczy to szczególnie zastosowań w sferze usług. Spotykamy się z pomyślnymi próbami zastosowań mobilnych robotów inspekcyjnych i saperskich (np. taki robot jest stosowany w kraju przez Policję), robotów koczujących do spawania, malowania czy mycia dużych, złożonych powierzchni.

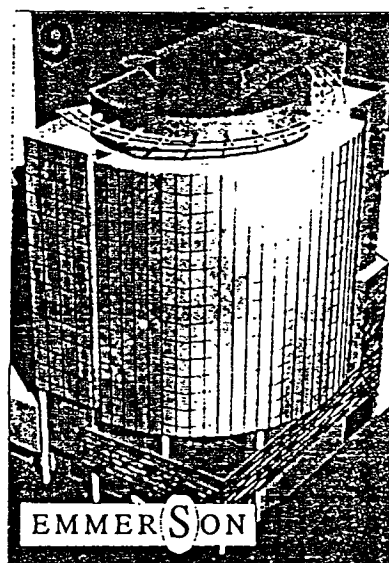
W naszym kraju podobnie jak na całym Świecie powstają w dużym tempie wielkie biurowce lub centra finansowo-handlowe, (przykłady podano poniżej).



Biurowiec - Kraków Al. Pokoju 1



Warszawskie Centrum Finansowe E. Plater/Świętokrzyska



Centrum Marszałkowska/Hoża

Takie budowle mają zewnętrzne ściany wykonane zwykle ze szkła. Powstaje zatem problem okresowego mycia olbrzymich szklanych powierzchni głównie o orientacji pionowej. Obecny, ręczny sposób mycia szklanych ścian, wydaje się być bardzo pracochłonny, czasochłonny i niebezpieczny a więc także i kosztowny. Istnieje zatem potrzeba podejmowania prób automatyzacji tego procesu z wykorzystaniem robotów lub automatów specjalnej konstrukcji.

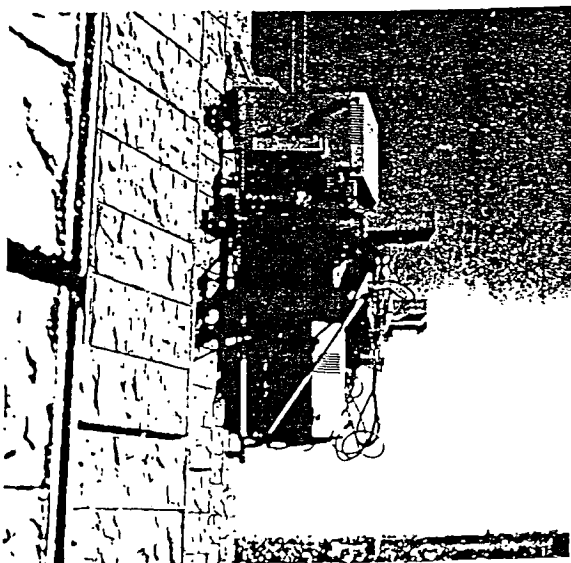
## 2. Zakres pracy

Praca dotyczy przeglądu światowych rozwiązań z dziedziny robotów przeznaczonych do mycia lub malowania dużych płaskich powierzchni a także rozeznania w zakresie potrzeb i zainteresowania rynku polskiego tego typu urządzeniami robotyki.

## 3. Przegląd rozwiązań światowych

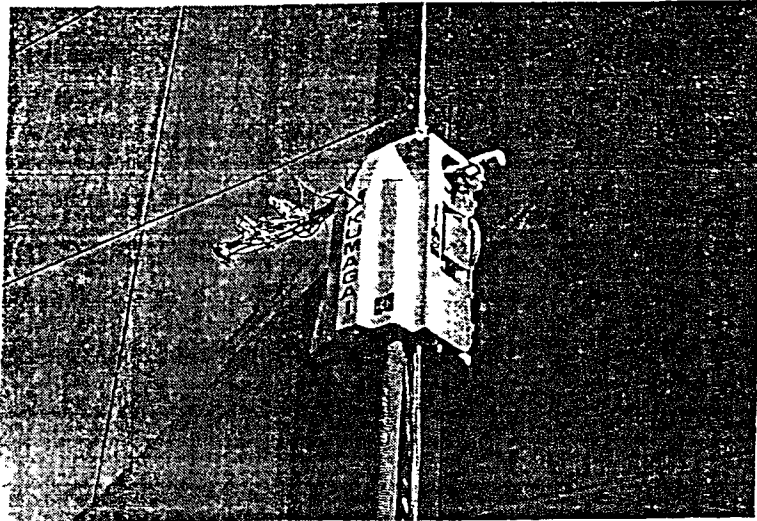
Od ponad ćwierci wieku trwają prowadzone w licznych placówkach badawczych, głównie w byłym ZSRR, Japonii i Stanach Zjednoczonych, prace nad zbudowaniem sterowanych przez operatora oraz automatycznych 6- lub 4-nożnych maszyn kroczących. Maszyny kroczące mają być pojazdami zdolnymi do poruszania się w najcięższych warunkach terenowych. Będą mogły stanowić środek transportu z załogą ludzką, czy też pojazd bezzałogowy, automatyczny lub sterowany zdalnie. Prace te nie przyniosły jeszcze rezultatów praktycznych. Konkretny cel ma prowadzona obecnie w Stanach Zjednoczonych praca nad zbudowaniem kroczącej „lekkiej ciężarówki”, wyposażonej również w koła do jazdy w łatwym terenie, napędzanej silnikiem spalinowym.

3.1. W Singapurze zaprojektowany został robot do malowania zewnętrznych ścian wieżowców [1].



Rys. 1. Robot zaprojektowano do zautomatyzowania procesu malowania zewnętrznych powierzchni ścian wieżowców. Robot ten przemaalował 95 000 m<sup>2</sup> ściany zewnętrznej wieżowca Shiniuku Center Building.

3.2. Firma KUMAGAI z Hong Kongu zbudowała robota, który umożliwia oczyszczanie malowanie lub mycie strumieniem śrutu, [1].



Rys. 2. Robot przytwierdzający się do szyby i na bazie tego przytwierdzenia wykonujący ruchy lokalne. Przeznaczony jest do mycia lub czyszczenia szklanych powierzchni ścian wieżowców, zależnie od rodzaju zamontowanej końcówki na ramieniu robota.

Zdalne manipulatory mają perspektywę rozwoju i wielu ważnych zastosowań.

Jedną z widocznych i zapoczątkowanych już dzisiaj dziedzin zastosowania jest górnictwo, zarówno konwencjonalne jak i podmorskie [9]. Istnieje także zainteresowanie zastosowaniem autonomicznego robota mobilnego do czyszczenia, odrdzewiania, lub usuwania kamienia z wnętrza rur rafineryjnych i petrochemicznych [12].

Ta praca dotyczyć ma jednak urządzeń do mycia elewacji zewnętrznej wieżowców i tylko w części może ona opierać się na doświadczeniach z robotami mobilnymi.

W opinii specjalistów z firm świadczących usługi mycia wieżowców wykonanie urządzenia wykonującego odpowiednie ruchy nie stanowi problemu. Problemem jest natomiast zapewnienie odpowiedniej jakości powierzchni po umyciu tzn. takiej aby nie miała ona zacieków, pominiętych lub niedoczyszczonych miejsc.

Jedynym rozwiązaniem ostatnich lat w tej dziedzinie jest technologia mycia wysokociśnieniowego. Taką technologią umyta została Brama Brandenburska w Berlinie, statua Chrystusa w Rio de Janeiro i monument Monas w Dżakarcie. Wykorzystuje się tu aparat wytwarzający ciśnienie ok. 160 atm. Pod takim ciśnieniem płyn myjący doprowadza się do dyszy rozpylającej i wytwarzającej pianę. Dysza umieszczona jest w końcówce ręcznego pistoletu. Piana oczyszcza powierzchnię dzięki swej ogromnej energii kinetycznej. Mycie przeprowadza się przesuując pistoletem z góry na dół obiektu.

Technologia ta zastosowana została z pełnym sukcesem przy myciu hotelu Mercury w Warszawie. Pracę wykonała firma usługowa „Centrum usługa” ul. Strąkowa 22 z Warszawy. Syndyk hotelu wyraża pełne zadowolenie z jakości powierzchni po myciu podkreślając krótki termin i niższe koszty wykonania zleconej pracy.

#### 4. Konwencjonalny sposób mycia okien

Mycie zewnętrznej powierzchni ścian osłonowych wieżowców nie jest problemem łatwym ze względu na dużą wysokość wykonywania prac i związanym z tym niebezpieczeństwem oraz dużą uciążliwość mycia dużych powierzchni płynnymi środkami, które trzeba mieć w zasięgu ręki. Obecnie prace te wykonują zespoły alpinistów. Pracownik myjący jest stale asekurowany przez kolegów z dachu budynku, opuszcza się on na linach wzdłuż ściany i przysysa specjalnymi przyssawkami do szyby w miejscach które mają być zmyte.



Jest to niebezpieczne i trudne zadanie a więc także i kosztowne, ponadto prowadzenie prac uzależnione jest od sytuacji atmosferycznej tzn. wiatrów deszczów itp. . Po każdym wyczerpaniu się zbiornika z płynem alpinista musi wjechać na dach budynku, napełnić zbiornik, i zjechać znowu na linie do miejsca, w którym skończył mycie. Jako przykład można podać mycie „błękitnego wieżowca” (na pl. Bankowym w Warszawie), ma on wysokości 26 pięter a mycie wykonywane przez 10-ciu pracowników trwa ok. 10dni. Mycia takiego dokonuje się 3 razy do roku. Mycie wieżowca INTRACO przy ul. Chałubińskiego przeprowadza się 4 razy w roku, na dachu zamontowany jest dźwig, który opuszcza paletę wykonaną tylko na dwie osoby. dlatego mycie jednej ściany trwa ok. 1 tygodnia.



---

## 5. Ogólna charakterystyka urządzenia

### 5.1. Założenia budowy:

- Urządzenie myjące powinno zapewnić co najmniej zadowalającą jakość powierzchni po myciu a jednocześnie większą prędkość i mniejszą pracochłonność procesu przez wyeliminowanie pracy alpinistów,
- Robot pracujący na dużej wysokości (do 150 m) musi być zaprojektowany ze szczególną troską o bezpieczeństwo ludzi wokół budynku, samego budynku a w szczególności jego szklanej elewacji oraz samego robota. Robot musi być zatem zabezpieczony przed upadkiem dodatkową liną, której drugi koniec będzie przytwierdzony do elementów dachu,
- Do urządzenia myjącego należy doprowadzać czynniki płynne oraz energię elektryczną, aby nie zwiększać masy urządzenia przewody doprowadzające należy dołączyć od górnej części urządzenia.
- Należy przewidzieć taki sposób przytwierdzania urządzenia do ściany wieżowca aby zapewniał on pionowy tor ruchu w dół,
- Należy przewidzieć możliwość sterowania ruchami globalnymi urządzenia z powierzchni ziemi lub dachu wieżowca w celu jego pozycjonowania (zdalne sterowanie kablowe lub radiowe).
- Robot nie powinien mieć zbyt dużych prędkości ruchów lokalnych ze względu na możliwość odcepienia palety od ściany budynku lub uszkodzenia szyby okna.

### 5.3. Przeznaczenie

Robot może być przeznaczony do czyszczenia lub mycia dużych powierzchni płaskich pochyłych lub pionowych. Szczególnym zastosowaniem robota ma być mycie zewnętrznej płaszczyzny szklanych ścian ochronnych wieżowców.

W najnowszych budowlach szyby tych ścian mają wysokość maksymalną jednej kondygnacji czyli ok. 3m a szerokość ok. 1m, ale np. w „błękitnym wieżowcu” w Warszawie zastosowano okna o rozmiarach 1.16m x 1.56m.

---

## 6. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych

### 6.1. Założenia ogólne

- Na dachu wieżowca zainstalowano urządzenie dźwigowe na prowadnicach położonych równolegle do krawędzi bocznej budynku,
- Ruchy globalne urządzenia myjącego „góra-dół” oraz „prawo-lewo” zapewniają silniki umieszczone na mobilnym urządzeniu dźwigowym,
- Na wózku urządzenia dźwigowego umieszczone są zbiorniki z niezbędnymi do mycia płynami oraz aparatem wysokociśnieniowym i urządzeniem ssącym,
- Masa urządzenia myjącego nie powinna przekroczyć 200 kg (taką masę utrzymują dachowe urządzenia dźwigowe), kiedy na palecie znajduje się dwóch pracowników i zbiorniki z płynami myjącymi,
- Proces mycia powinien składać się z czynności: namoczenia wodą z płynem myjącym, czyszczenia szczotką, zbierania piany i suszenia,

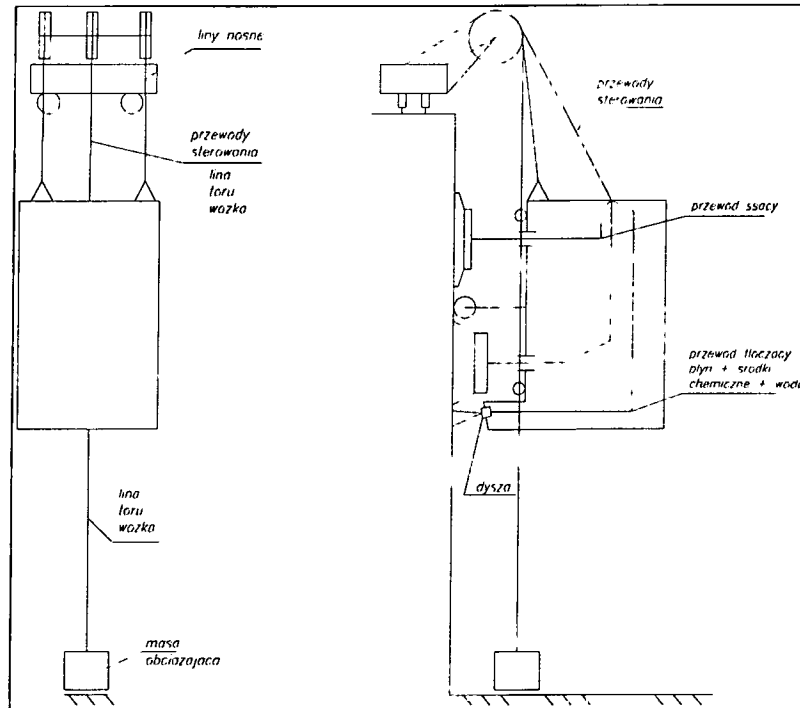
### 6.2. Projekt wstępny

W projekcie tym oparto się na dwóch urządzeniach mogących zapewnić dobrą jakość powierzchni po umyciu. Czynności mycia i opcjonalnie szorowania spełniać może wysokociśnieniowy agregat firmy KARCHER model serii HDS. Autoryzowany dealer tej firmy, firma MJM znajduje się w Łomiankach przy ul. Przyłuskiego 29.

Jako jedną z końcówek agregatu zastosować można dyszę rozpylającą, przez którą płyn myjący i woda rozpylany jest na szybę pod ciśnieniem ok. 150 atm. Drugą końcówką może być szczotka szorująca obracana pod wpływem przepływu cieczy. Szczotka może być stosowana w przypadku szczególnie dużych i trudnych do usunięcia zabrudzeń powierzchni, w pozostałych przypadkach szczotka może być uniesiona do góry i nie zasilana strumieniem cieczy.

Kolejnym zabiegiem technologicznym w procesie mycia powinno być zebranie powstałej w wyniku natryskiwania i szorowania piany. Do tego celu przewidziano urządzenie zwane vertical. Jest to urządzenie ssące, wykorzystywane obecnie przy ręcznym myciu elewacji. Umożliwia ono zebranie płynu i osuszenie powierzchni okna.

W celu stabilizacji urządzenia myjącego przewidziano zawieszenie go na dwóch linach nośnych. Dodatkowo przewidziano trzecią liną obciążoną, wytyczającą pionowy tor ruchu urządzenia i tłumiącą jego wahania spowodowane ruchem powietrza.



Rys. 3. Przykład rozwiązania ideowego urządzenia do mycia elewacji wieżowców

Ponieważ dysza ma możliwość mycia pola o szerokości tylko 30 cm, przewidziano jej ruch poprzeczny powodowany siłownikiem o zakresie 1m. Wszystkie ruchy ustawcze urządzenia powinny być wykonywane ze zdalnego pulpitu, który operator obsługiwałby z ziemi lub dachu budynku.

Szacuje się:

- masę urządzenia  $m=80$  kg
- prędkość mycia (ruchu dyszy)  $V_m=0,6$  m/s
- prędkość ruchu urządzenia myjącego w kierunku pionowym (mycia paska o szerokości 1m)  $V_p=0,1$  m/s
- powierzchniowa szybkość mycia  $V_s=0,1$  m<sup>2</sup>/s

## Przykłady wykorzystania robota i jego rachunek kosztów

Lp.	Nazwa obiektu	Powierzchnia przeznaczona do mycia	Czas mycia ręcznego	Czas mycia robotem	Koszt mycia ręcznego	Koszt mycia robotem
		m <sup>2</sup>	roboczo/h	roboczo/h	zł	zł
1	Mariott	12800	1229	427	64000	
2	Intraco	13200	1267	440	66000	
3	Błękitny wieżowiec	10400	998	347	52000	
4	FIM Tower	10000	960	333	50000	
5	Puławska Financial Center	11500	1104	383	57500	
6	Sienna Center Warsaw	2340	225	78	11700	
7	Cracovia Buisness Center	5000	480	166	25000	
8	Centrum Marszałkowska/Hoża	2500	240	83	12500	

## 6.2.1 Napęd

- jednostka napędowa łącząca trawers z robotem - napęd elektryczny;
- mocowanie jednostki napędowo - roboczej - mechaniczne (lina toru ruchu);

## 6.2.3. Udźwig

Udźwig jednostki roboczej i trawersu powinien uwzględniać masę słupa wody (płynu do mycia) jaka może wystąpić w skrajnych zakresach pracy robota i masę samego urządzenia myjącego, powinien zatem wynosić ok. 100 kg. Obciążenia dynamiczne oraz względy bezpieczeństwa zmuszają do zwiększenia udźwigu do 300 kg.

## 7. Wnioski

W podsumowaniu można stwierdzić, że na świecie są podejmowane próby zastosowań robotów do mycia dużych powierzchni szklanych obiektów architektonicznych. Występuje tu wiele problemów technicznych wymagających rozwiązania, szczególnie dotyczy to automatyzacji samego procesu mycia i otrzymania prawidłowej jakości powierzchni po umyciu.

---

Ze wstępnej analizy kosztów wynika, że taki robot do mycia elewacji wieżowców w wykonaniu prototypowym kosztowałoby ok 50.000 zł

Z rozmów z kilkoma potencjalnymi użytkownikami, głównie firmami zajmującymi się myciem i sprzątaniem budynków wynika, że są oni zainteresowani kupnem takiego urządzenia, ale musi być ono dużo tańsze.

Istnieje zatem możliwość świadczenia usług z wykorzystaniem robota bezpośrednio przez PIAP.

---

## 8. Literatura :

1. Construction robots. Biuletyn International Federation of Robotics. Newsletter, No 1, March 1991; s.7-8.
2. Graczyk T.: Wymagania techniczne dla kompleksu zdalnie sterowanego pojazdu głębinowego NUR. (maszynopis). ZTO IOPS. Szczecin 1987.
3. Honczarenko J.: Roboty przemysłowe. Elementy i zastosowanie. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1996.
4. Hunt D.: „Understanding robotics” Academic Press Limited 1990.
5. Kowalczyk Z., Ostachowicz W., Raczyński P., Rożnowski G.: Badania modelowe robota podwodnego (grant nr 8 852 391 02). Zbiór referatów z seminarium pt. ”Projekty badawcze, granty w dziedzinie robotyki”. Warszawa 1994; s.205-210.
6. Kowalski A.: „Roboty przemysłowe”. Wyd. PAN, Oddz. Kraków, „Nauka dla wszystkich” nr 410. Kraków 1987.
7. Masłowski A. : Mobilne roboty inwestycyjno - inspekcyjne. Materiały z Konferencji AUTOMATICON '97 „Automatyzacja - Nowości i perspektywy”. Tom 1. Warszawa 1997; s 87 - 102.
8. Morecki A.: Automatyzacja i robotyzacja: rozwój, stan obecny i przyszłość. Materiały z Konferencji AUTOMATICON '97 „Automatyzacja - Nowości i perspektywy”. Tom 1. Warszawa 1997; s 45 - 63.
9. Робототехника. (Praca zbiorowa). Изд. “Машиностроение”. Мсква 1984.
10. Sawwa R.: European TELEMAN-ИМПАКТ PECP Project - results reached by PIAP. Biuletyn PIAP. Nr 4/186, 1996: s.20-37.
11. Strony informacyjne www firm w Internecie:  
<http://www.cc.gatech.edu/ai/robot-lab/>  
[http://www.iff.fhg.de/iff/aut/projects/proj\\_e.htm](http://www.iff.fhg.de/iff/aut/projects/proj_e.htm)  
<http://itobor.ee.washington.edu/>  
<http://sun-robot.nuceng.ufl.edu/>  
[http://www.fzi.de/divisions/ipt/WMC/walking\\_machines\\_katalog/node12.html](http://www.fzi.de/divisions/ipt/WMC/walking_machines_katalog/node12.html)
12. Szynekarczyk P., Masłowski A., Szumilas L.: Wirtualna rzeczywistość w robotyce. „Pomiary • Automatyka • Robotyka”, nr 7, wrzesień 1997; s.29-30.