

# Technologie kosmiczne w Instytucie Lotnictwa

## Space technology at the Institute of Aviation



**Leszek Loroch**

Dr inż.

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa



**Adam Okniński**

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa



**Grzegorz Rarata**

Dr

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa



**Paweł Surmacz**

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa



**Mariusz Kacprzak**

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa



**Mariusz Krawczyk**

Dr inż.

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa



**Dawid Cieśliński**

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa



**Kamil Sobczak**

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa



**Piotr Wolański**

Prof. dr hab. inż.

Instytut Lotnictwa, Centrum  
Technologii Kosmicznych,  
Warszawa

**Streszczenie:** Praca stanowi podsumowanie działalności Instytutu Lotnictwa w dziedzinie technologii kosmicznych. Artykuł zawiera przegląd osiągnięć historycznych, natomiast nacisk położono na najnowsze osiągnięcia. Opisano kluczowe projekty i przedstawiono zakres prac realizowanych Centrum Technologii Kosmicznych. Omówiono technologie raketowe oraz satelitarne, w tym związane z teledetekcją satelitarną. Rozwój technologii kosmicznych ma istotne znaczenie dla bezpieczeństwa i funkcjonowania państwa, stąd strategia rozwoju Instytutu Lotnictwa kładzie na nie szczególny nacisk. W pracy opisano perspektywy dalszego wykorzystywania opracowanych technologii i możliwości z tym związane.

**Słowa kluczowe:** *Technologia kosmiczna; Technologia raketowa; Technologia satelitarna*

**Abstract:** This paper gives a brief summary of the Institute of Aviation's activities in space technology. Review of historical achievements and latest developments are described. Scope of present work of Space Technology Center and key projects are discussed, that include rocket and satellite technologies. Importance of space technologies in Institute of Aviation's development strategy and their crucial role for safety and independence of the state is underlined. Possibilities and future use of the developed technologies are pointed out.

**Keywords:** *Space technology; Rocket technology; Satellite technology*

Rozwój technologii kosmicznych ma zasadnicze znaczenie dla bezpieczeństwa i funkcjonowania państwa, czego dowodem jest zainteresowanie ich wykorzystania przez wiele resortów i rządowych agencji wykonawczych [1]. Strategia Centrum Technologii Kosmicznych Instytutu Lotnictwa na najbliższe lata zakłada realizację prac badawczo-rozwojowych w dziedzinach:

- Rozwoju i badania silników raketowych (jedno- i dwuskładnikowych) na ciekłe, hybrydowe, gazowe oraz żelowe materiały pędne o obniżo-

nej toksyczności, głównie z nadtlakiem wodoru jako utleniaczem oraz rozwój nowych jednoskładnikowych materiałów pędnych z grupy tzw. HPGP (ang. High Performance Green Propellants)

- rozwoju silników na stały materiał pędny (m.in. poprzez nowe składniki ziaren stałych kompozytowych materiałów pędnych)
- rozwoju raket o zastosowaniu kosmicznym lub wojskowym, w tym rozwój komponentów i podsystemów raket sondujących i nośnych

- rozwoju technologii silników do deorbitacji satelitów
  - rozwoju komputerów i układów elektronicznych do raket, w tym elementów zaplecza naziemnego
  - rozwoju teledetekcji satelitarnej i zwiększenia obszaru jej zastosowań
- Obecnie najbardziej intensywne prace trwają w dziedzinie technologii raketowych, gdzie wysiłki są skoncentrowane na rozwoju nowoczesnych zespołów napędowych, głównie wykorzystujących ekologiczne napędy raketowe. Choć prace w zakresie napędów raketowych

wych trwają w Instytucie Lotnictwa od roku 2007, to historia sięga lat 60-tych XX wieku [2, 3].

## Historia rozwoju technologii kosmicznych w Instytucie Lotnictwa

Instytut Lotnictwa prowadzi prace w dziedzinie technologii kosmicznych od ponad 50 lat. Pierwsze projekty związane były bezpośrednio z technologiami raketowymi. W szczególności wyróżnić należy program rakiet sondujących Me-

teor [4]. Największa przetestowana rakietą - Meteora 2K - osiągnęła umowny pułap kosmosu. We wczesnych latach 70-tych XX wieku w Instytucie Lotnictwa rozwijano wyposażenie satelitarne w ramach programu INTREKOSMOS. Rys. 2. przedstawia aparaturę SAWA BUD A, która znalazła się na pokładzie misji Prognoz-8. Znacznie szerszą listę dorobku inżynierów z Instytutu Lotnictwa w dziedzinie rozwoju urządzeń satelitarnych i naziemnych w programach radzieckich (Interkosmos 15, Interkosmos 19, Vega,

Fobos) można znaleźć w źródle [2].

W latach 80-tych i 90-tych działalność w zakresie technologii kosmicznych była minimalna. Przełomowym wydarzeniem było utworzenie zakładu zajmującego się technologiami raketowymi w 2007 roku. W ciągu kilku kolejnych lat powstało Centrum Technologii Kosmicznych, które w 2017 roku zatrudnia 80 pracowników realizujących projekty w ramach czterech zakładów.

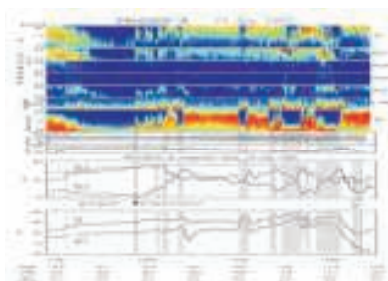
## Teledetekcja satelitarna

Zakład Teledetekcji (ZT) Instytutu Lotnictwa powstał na bazie realizowanego od roku 2013 projektu HESOFF finansowanego ze środków Komisji Europejskiej (instrument LIFE+) oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Jednym z głównych celów projektu jest wypracowanie metod zdalnego monitoringu lasu oraz kondycji poszczególnych drzew bez konieczności prowadzenia kosztownych badań terenowych.

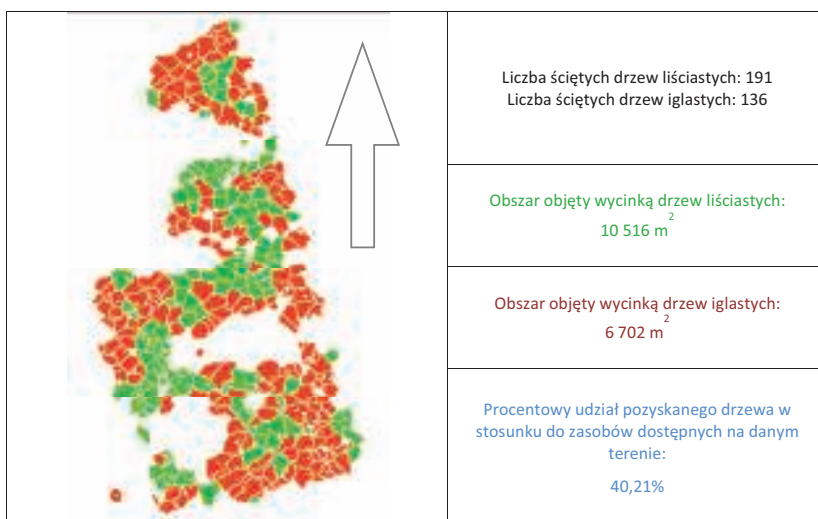
W Zakładzie Teledetekcji prowadzone są prace, które obejmują zarówno pozyskiwanie jak i operacyjne przetwarzanie zdjęć [5, 6, 7, 8]. Zdjęcia wykonywane są z wykorzystaniem sprzętu komercyjnego oraz Systemu Wielospektralnego (6-zakresów) opracowanego na potrzeby realizacji projektu HESOFF. Specjaliści fotogrametryzy przygotowują plan lotu w oparciu o wyznaczone warunki brzegowe, które warunkują oczekiwaną jakość i potencjał interpretacyjny produktów przetworzeń zdjęć lotniczych i satelitarnych. Systemy optyczne montowane są zarówno na pokładzie załogowych i bezzałogowych statków powietrznych. W latach 2014-2016 wykonanych zostało ponad 30 misji fotolotniczych, w trakcie których pozyskano ponad 300 GB zdjęć źródłowych. Dodatkowo Zakład Teledetekcji ma możliwość bezpośredniego pobierania scen satelitarnych dystrybuowanych w sieci EumetCAST, trwają prace nad uzyskaniem bezpośredniego dostępu do bazy zobrazowań Sentinel. Obszar specjalizacji pracowników Zakładu Teledetekcji obejmuje m.in.: fotogrametrię, teledetekcję, geologię, biologię, geografę, mechatronikę, fizykę oraz Big Data. Zakład dysponuje nowoczesnym komercyjnym oprogramowaniem teledetekcyjnym i fotogrametrycznym.



1. Rakiety Meteor 1 oraz rakiety Meteor 2K



2. Aparatura „SAWA BUD A” do analizy widma fal plazmowych w zakresie 2-105 Hz [2]



3. Analiza teledetekcyjna wskazanego obszaru o powierzchni 25 000 m<sup>2</sup>



Pełna linia produkcyjna umożliwia operacyjne przetwarzanie zdjęć do postaci ortofotomapy oraz Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu, które następnie mogą być wykorzystane do m.in. tworzenia warstw wektorowych m.in. na potrzeby dedykowanych Systemów Informacji Przestrzennej (SIP). Istotne jest to, że oprócz specjalistycznego oprogramowania teledetekcyjnego wykorzystywane są autorskie algorytmy i programy do przetwarzania danych.

Na podstawową Infrastrukturę ZT składają się: nowoczesne sensory do pozyskiwania danych liczbowych i zdjęć (zakres widzialny i podczerwień), spektrometry do pozyskiwania krzywych spektralnych, klaster obliczeniowy, magazyn danych, aparatura techniczna do bezpośredniego pobierania scen satelitarnych oraz macierz ośmiu monitorów do wizualizacji danych. Wynikiem przeprowadzonych dotychczas prac badawczo-rozwojowych jest m.in. opracowanie procedur pozyskiwania i przetwarzania danych oraz autorskie algorytmy do analizy zdjęć. Wysoka jakość opracowań poparta publikacjami naukowymi jest istotną przewagą konkurencyjną w stosunku do opracowań wykonywanych przez działające na rynku firmy komercyjne.

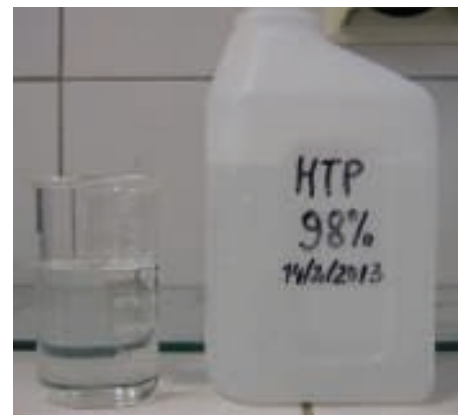
## Technologie raketowe

Silnie stężony nadtlenek wodoru klasy HTP (ang. High-Test Peroxide) jest silnym ciekłym utleniaczem (drugim po ciekłym tlenie) i jednocześnie relatywnie najbardziej bezpiecznym raketowym jednoskładnikowym materiałem pędnym. Jest to też uniwersalne, wybitnie przyjazne środowisku naturalnemu medium, mające obecnie coraz szersze zastosowanie nie tylko w technice raketowej, co zresztą jest przedmiotem badań Zakładu Technologii Kosmicznych w Instytucie Lotnictwa. Nadtlenek klasy HTP, do niedawna był praktycznie niedostępny na rynku europejskim, zwłaszcza w mniejszych ilościach. Skutkiem tego ośrodki akademickie oraz jednostki naukowo-badawcze, które mogłyby zająć się badaniami z wykorzystaniem HTP, nie były w stanie nabyć nawet niewielkich ilości HTP w rozsądnej cenie. Dlatego też w Instytucie Lotnictwa opracowano technologię uzyskiwania od laboratoryjnych do

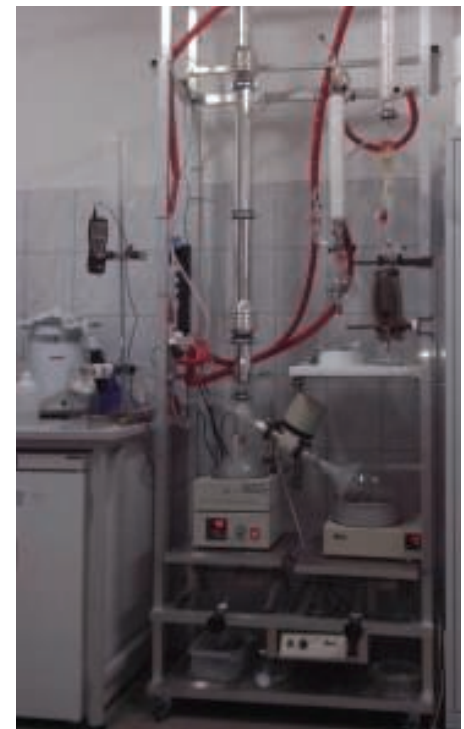
technicznych ilości względnie taniego nadtlenku wodoru o stężeniu powyżej 90% oraz odpowiednio wysokiej czystości. Technologia ta została skomercjalizowana, a produkowany z jej pomocą 98% HTP jest wykorzystywany m.in. w projektach badawczych Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Obecnie możliwa jest produkcja nadtlenku wodoru w większych ilościach. Technologia opracowana w Instytucie Lotnictwa umożliwia wytwarzanie nadtlenku wodoru klasy HTP włącznie z 98%+ (do zastosowań napędowych „Rocket Grade Hydrogen Peroxide”) [9].

Od 2012 roku w Instytucie rozpoczęto testy silników raketowych wykorzystujących nadtlenek klasy HTP. Pierwszy etap to rozwinięcie heterogenicznych katalizatorów opartych na  $Al_2O_3$  z nanoszoną w Instytucie Lotnictwa fazą aktywną [10]. Katalizatory umożliwiają rozkład nadtlenku wodoru i wyzwolenie dużej ilości ciepła. W pierwszej fazie rozwoju kompetencji realizowane były prace nad napędami raketowymi (jednoskładnikowymi, dwuskładnikowymi i hybrydowymi) o siłach ciągu w zakresie od 10 do 500 N [11, 12, 13]. Od roku 2015 rozpoczęto pracę ze znacznie większymi jednostkami. Przeprowadzono testy silników o ciągu do 6 000 N [14, 15, 16]. Obecnie realizowane w Instytucie Lotnictwa projekty dotyczą silników raketowych o ciągu w zakresie od 1 do 50 000 N. Kilka z nich mogłoby być wykorzystanych w ramach rozwoju małej rakiety nośnej.

Krokiem poprzedzającym ewentualny rozwój rakiety nośnej stanowi jednak demonstracja kluczowych technologii na pokładzie rakiety suborbitalnej. Pierwsze prace zrealizowano na Politechnice Warszawskiej [17]. Dalszy rozwój rynku rakiet sondujących [18] spowodował decyzję o uruchomieniu projektu demonstratora rakiety sondującej w Instytucie Lotnictwa [19]. Rakieta ILR-33 „Bursztyń” stanowi innowacyjną platformę testową umożliwiającą weryfikację kluczowych technologii w locie. Stan projektu w sierpniu 2017 roku



4. Próbką (1 l) 98% nadtlenku wodoru klasy HTP



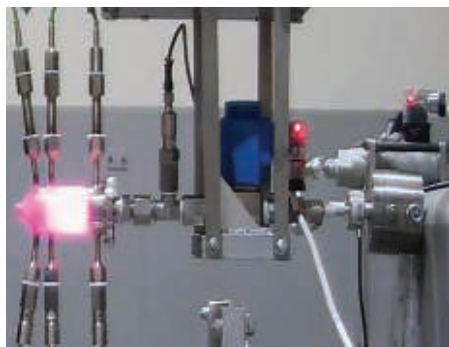
5. Stanowisko laboratoryjne preparatyki nadtlenku wodoru klasy 98%+ HTP

uwzględnia weryfikację szeregu podsystemów w warunkach naziemnych oraz testy pojedynczych elementów w ramach lotnych prób poligonowych. Bardzo obiecujące wyniki projektu zostały dostrzeżone przez specjalistów z Europejskiej Agencji Kosmicznej i pozwoliły na zacieśnienie współpracy Instytutu Lotnictwa z ESA.

Poza podsystemami mechanicznymi, w Instytucie Lotnictwa rozwija się zaawansowaną awionikę i układy służące do sterowania układami wykonawczymi. Przykładem demonstratora technologii



6. Katalizatory do rozkładu nadtlenku wodoru typu HTP



7. Silnik na jednoskładnikowy materiał pędny



8. Komputer pokładowy rakiety ILR-33 „Bursztyn”

jest komputer pokładowy demonstratora rakiety sondującej ILR-33 „Bursztyn”, który jest rozwijany w Zakładzie Awioniki [20]. Umożliwia on analizę telemetrii z pokładu rakiety w czasie rzeczywistym w naziemnej stacji kontroli lotu. Może pracować w temperaturze od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$  i zakresie ciśnień od 0 do 1200 hPa przy wilgotności do 100%. Wytrzymuje następujące wibracje: 10 g / 20 Hz – 20 kHz oraz przyspieszenia w osi głównej do 1000 g. Częstotliwość zapisu danych to 500 Hz. Postępy w dziedzinie napędów raketowych, wytwarzane nowe technologie pozwalają na zaangażowanie zespołu inżynierskiego w prace nad

technologiami rakiet nośnych. Pierwsze koncepcje powstały już w roku 2005 [21], natomiast w roku 2016 został zrealizowany pierwszy projekt Europejskiej Agencji Kosmicznej, który dotyczył stricte rakiet nośnych.

## Podsumowanie

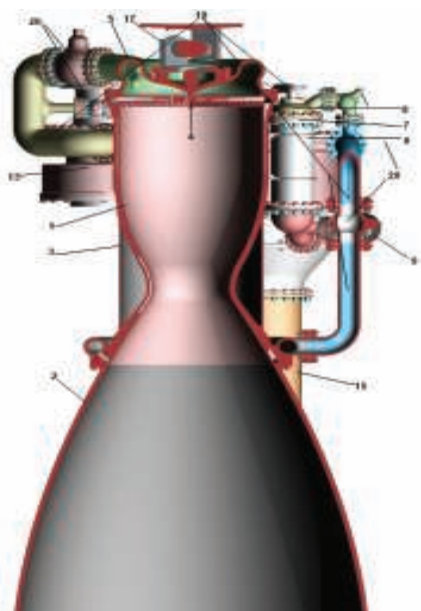
Prowadzone w Instytucie Lotnictwa prace w dziedzinie technologii kosmicznych pozwoliły na rozwój infrastruktury badawczej oraz zespołu badawczego umożliwiające realizację dużych projektów zewnętrznych. Udział w programach Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Komisji Europejskiej oraz Europejskiej Agencji Kosmicznej zapewniły umocnienie istniejących form współpracy z podmiotami polskimi i zagranicznymi. Na uwagę zasługuje fakt, iż Instytut Lotnictwa jest liderem szeregu projektów otrzymanych z Europejskiej Agencji Kosmicznej, w tym projektów otrzymanych w ramach otwartych konkursów. Sukcesy na rynku europejskim nie byłyby jednak możliwe gdyby nie projekty statutowe, które umożliwiają podwyższenie gotowości technologicznej wypracowywanych rozwiązań i wzrost atrakcyjności Instytutu Lotnictwa jako wykonawcy zewnętrznych projektów badawczo-rozwojowych. Rozbudowa kompetencji zespołu oraz stałe, wzbogacane w ramach projektów statutowych i zewnętrznych port folio, pozwalają na znaczne przybliżenie się Instytutu Lotnictwa do rozwoju lotnych komponentów misji kosmicznych nowych generacji satelitów i rakiet.

## Podziękowania

Autorzy pragną podziękować kolegom i koleżankom z Centrum Technologii Kosmicznych Instytutu Lotnictwa, którzy uczestniczyli w opisanych projektach i dzielili się swoim doświadczeniem, ułatwiając przygotowanie niniejszej publikacji. ◀

## Materiały źródłowe

- [1] Sektor Kosmiczny w Polsce, <https://www.mr.gov.pl/strony/zadania/reindustrializacja-gospodarki/polityka-kosmiczna/sektor-kosmiczny-w-polsce>, strona odwiedzona 11 sierpnia 2017.
- [2] Wiśniowski, W., Wolański, P. Rola Instytutu Lotnictwa w badaniach kosmicznych, *Prace Instytutu Lotnictwa*, 2014, Vol. 234, 1, pp. 9-16, doi: 10.5604/05096669.1106721.
- [3] Lorocho, L., Rams, L. Infrastruktura badawcza oraz struktura organizacyjna Centrum Technologii Kosmicznych Instytutu Lotnictwa, *Prace Instytutu Lotnictwa*, 2014, Vol. 234, 1, pp. 17-24, doi: 10.5604/05096669.1106737.
- [4] Walczewski, J. Polskie rakiety badawcze, Biblioteczka Skrzydlatej Polski, tom XV, WKiL, Warsaw, 1982.
- [5] Czapski, P. et Al. Budowa i zastosowanie platformy wielosensorowej w badaniu wybranych parametrów środowiska, *Prace Instytutu Lotnictwa*, vol. 1(234), 2014, s. 126-142.
- [6] Kacprzak, M., Wodziński, K. Realizacja misji fotolotniczych z wykorzystaniem załogowych i bezzałogowych statków powietrznych, *Prace Instytutu Lotnictwa*, vol. 2(243), 2016, s. 130-141.
- [7] Czapski P. et Al. Preliminary analysis of the forest health state based on multispectral photos acquired by Unmanned Aerial Vehicle, *Folia Forestalia Polonica* 57, nr 3 (2015): 138-144.
- [8] Czapski P. et Al. Pozyskiwanie i przetwarzanie danych lotniczych i satelitarnych przez zespół badawczy Zakładu Teledetekcji Instytutu Lotnictwa, *Przegląd Geodezyjny* 88 (3), 4-9
- [9] Wiśniowski, W. Specjalizacje Instytutu Lotnictwa-przegląd i wnioski,



9. Projekt wstępny silnika raketowego do napędu małej rakiety nośnej, koncepcja rakiety

- Prace Instytutu Lotnictwa, 2014, Vol. 235, 2, pp. 716
- [10] Surmacz, P., Rarata G. Badanie katalitycznego rozkładu 98% nadtlenu wodoru z wykorzystaniem katalizatorów  $Al_2O_3/Mn_xO_y$ , promowanych tlenkami metali przejściowych, Prace Instytutu Lotnictwa, nr 234, 2014.
- [11] Surmacz, P., Rarata, G. Prace badawcze i rozwojowe nad demonstratorem technologii raketowego silnika hybrydowego, wykorzystującego 98% nadtlenu wodoru jako utleniacz, Prace Instytutu Lotnictwa, nr 234, 2014.
- [12] Surmacz, P. Influence of Various Types of  $Al_2O_3/Mn_xO_y$  Catalysts on Performance of a 100 mm Chamber for Decomposition of 98 %+ Hydrogen Peroxide, Prace Instytutu Lotnictwa, vol. 240, 2015.
- [13] Surmacz, P. Green Rocket Propulsion Research and Development at the Institute of Aviation: Problems and Perspectives, Journal of KONES, 2016.
- [14] Okninski, A. et Al. Development of a Small Green Bipropellant Rocket Engine Using Hydrogen Peroxide as Oxidizer, Cleveland, OH: 50th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, 2014. AIAA-2014-3592, DOI: 10.2514/6.2014-3592.
- [15] Okninski, A. et Al. Development of the Polish Small Sounding Rocket Program, Acta Astronautica. March-April, 2015, Vol. 108, pp. 46-56, doi: 10.1016/j.actaastro.2014.12.001.
- [16] Nowakowski P. et Al. Development of Small Solid Rocket Boosters for the ILR-33 Sounding Rocket, Acta Astronautica, Volume 138, September 2017, pp. 374-383, doi: doi.org/10.1016/j.actaastro.2017.06.007
- [17] Marciniak, B. Okninski, A. Rozwój polskiego programu rakiet sondujących, Transactions of the Institute of Aviation, Vol. 234(1), 2014, pp. 73-81, doi: 10.5604/05096669.1106782
- [18] Davidian, K., Foust, J. Suborbital Market Overview and Application of Disruption Theory, IAF, Prague, 2010, IAC-10-E6.3.8
- [19] Marciniak, B. et Al. Development of ILR-33 Amber sounding rocket for microgravity experiments Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC, Jerusalem, 2016
- [20] Szpakowska-Peas, E., Krawczyk, M. Selected problems of electronic equipment design in rocketry, Transactions of the Institute of Aviation, Vol. 245 (4), 2016, pp. 209-217, doi: 10.5604/05096669.1226892
- [21] Wolański, P. et Al. Techniques and Technologies of Space Rockets, Warsaw, Institute of Aviation, 2009

REKLAMA



## CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



**W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,  
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAC**

Zobacz, co już wybudowaliśmy  
i dla kogo pracowaliśmy:  
[www.gm-roads.pl](http://www.gm-roads.pl)

**Biuro:**

ul. Krzemieniecka 47,  
54-613 Wrocław

**Budownictwo inżynieryjne:**

tel.: (71) 300 12 40  
e-mail: info@gm-roads.pl

**Geodezja:**

tel.: 697 660 932  
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

**Siedziba firmy:**

ul. Wrocławska 41, Łążany  
58-130 Żarów