Development of VUT 001 MARABU aircraft

prof. Ing. **Antonin Pistek**, CSc.

Assoc. prof. Ing. **Jaroslav Juracka**, Ph.D.

Institute of Aerospace Engineering
Faculty of Mechanical Engineering
Brno University of Technology
Technická 2, Brno, 616 69
Czech Republic

VUT 001 MARABU = *Experimental aircraft to support development of systems for civil UAVs / UAS*

TABLE OF CONTENTS

Introduction

Major issues connected with development of UAVs:

- ***Non-existence of widely accepted regulation requirements for development and operation of civil UAVs***

  Serious issue affecting development and testing of UAVs in civil airspace. Especially European airspace is „overcrowded“ and offers very limited possibilities for UAV development and operations. Use of special testing ranges may be very expensive.

- ***Simultaneous development of 2 critical elements:* Aerial Vehicle *and* Ground Control Station**

  Simultaneous development of 2 critical elements makes first flight tests risky.

Project VUT 001 MARABU

Project number: *FI-IM3/041*

Development of civil UAV platform supported by Ministry of Industry and Trade (Czech Republic), held together with industrial partners (2006-2009)

Solution proposed by prof. Pistek

- **Development of a „Flying Platform“** *(at the first stage proposed as piloted aircraft with 600kg MTOW – to overcome legal issues)*
- **Preparation of the experimental aircraft for integration of equipment and systems developed for UAVs** *(based partially on COTS components) ..* ***and step-by-step integration of suitable UAV systems***
- **Development of new propulsion units**

Project Partners

Coordinator:

Letecký ústav (IAE)
FSI VUT v Brně, Technická 2, Brno,
Responsible person:
Prof. Ing. Antonín Píštěk,CSc.

Partners:

První Brněnská strojírna Velká Bíteš, a.s.,
Vlkovská 279, 595 12 Velká Bíteš

JIHLAVAN airplanes, s.r.o.,
Znojemská 824/64, 586 01 Jihlava

PLASTSERVIS-L, s.r.o.,
Nová Ves 48

Project VUT 001 MARABU

Project definition

Regulation status *(EASA, CAA, Traffic rules)*

-Traffic at civil space ……..Civil Permit to Fly, Civil standards, ….CAA approval

-UAV control equipment and application presumption, Equipment volume ……equivalent to pilot mass and volume

-Flight learning …step by step …. 1 pilot and equipment …Payload 180 kgs

Power plant

-Low and high altitude flights

-Long endurance …. Low consumption ….piston engine

-Testing of JET power

Future exploitation of aircraft for sport flying

- Possibility normal using of plane (2 pilots)

Perspective Development of VUT 001 Marabu

Industry interested in UAVs exists in Czech Republic

Association of the Aviation Manufacturers (UAV Group)

Czech Unmanned Systems Manufacturers Association

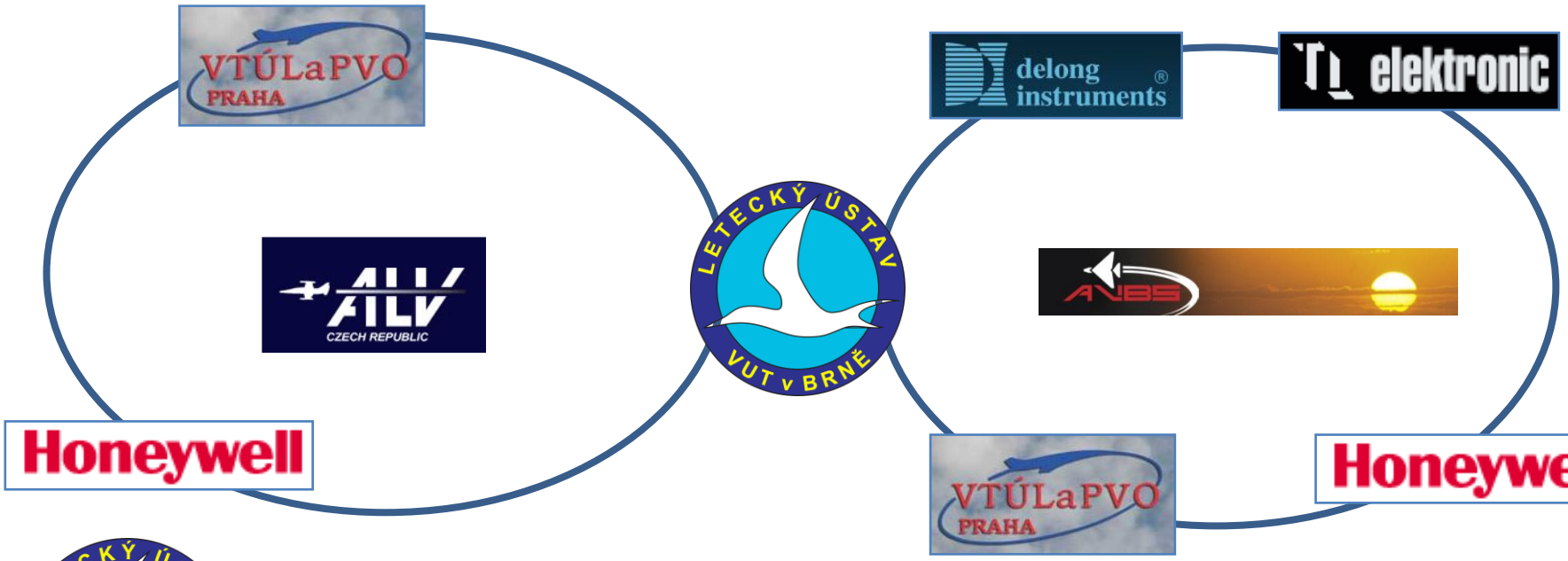


TABLE OF CONTENTS

HERTI (developed in Warton, UK).

Early Development

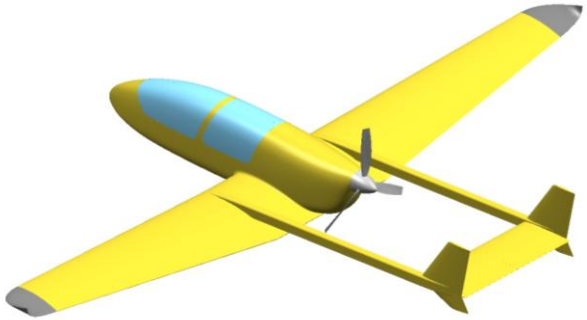
Variant A Czech piston engine M 132 and twin boom fuselage concept

Variant B

Two TJ100A jets on rear part of the fuselage

Variant C

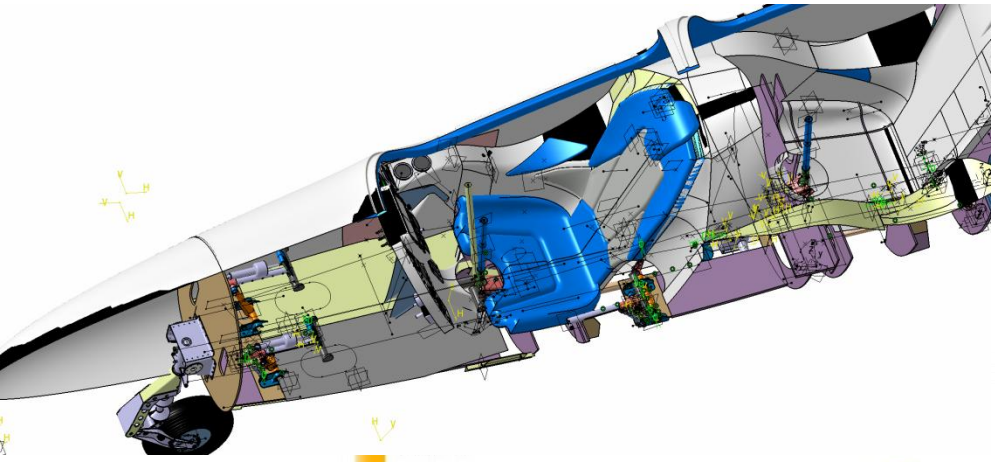
Rotax piston engine and butterfly tail unit

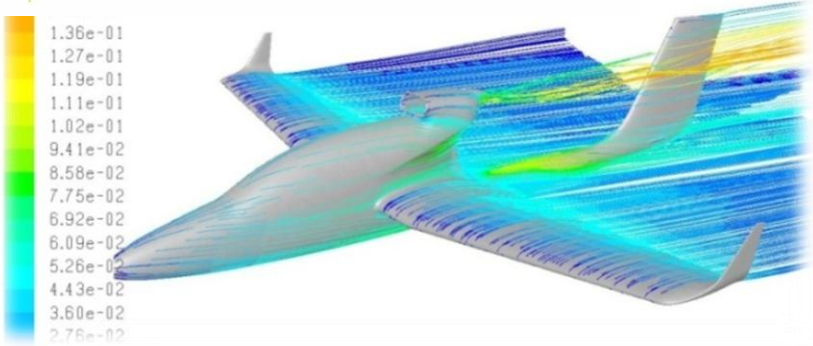


History of
VUT 001 Marabu
concepts


LETIŠTĚ MORAVSKÉ
T-3A

- CAD approach was used from conceptual design through preliminary design up to detail digital model of the prototype.
- Aerodynamic concept was optimized using CFD methods to enable excellent performance characteristics.

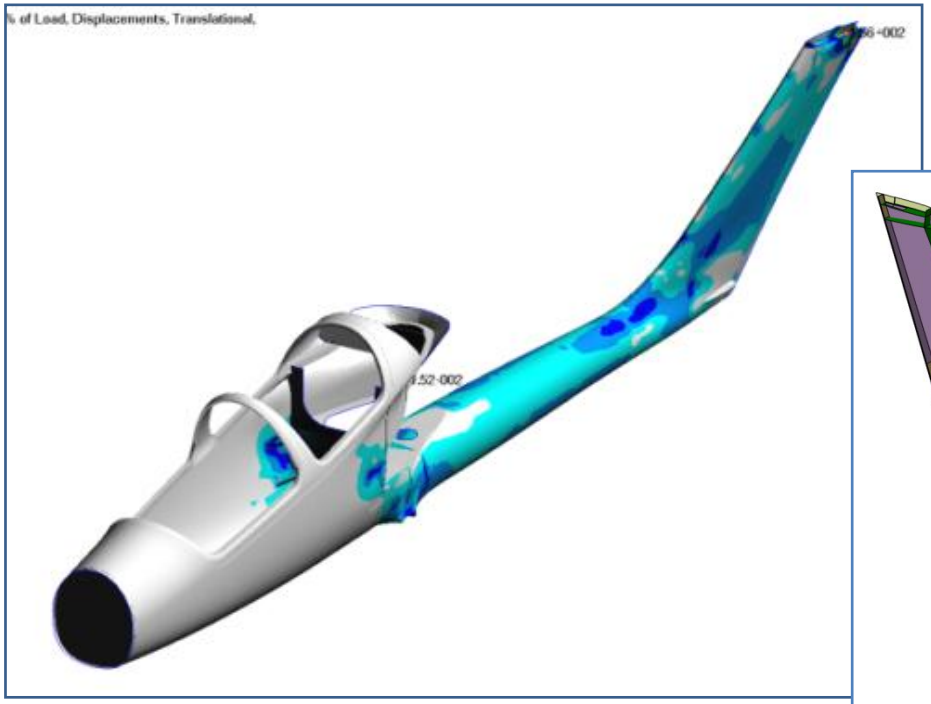




VUT 001 Marabu characteristics		
Geometry	Wingspan	9,9 m
	Length	8,1 m
	Height	2,4 m
Weights	Max. take-off	600 kg
	Empty	380 kg
	Max. fuel	141 kg (188 liters)
Performance	Max. speed	260 km/h
	Endurance	7 h

- Structure of the fuselage was designed using composite materials to enable light and stiff structure.

- Modern FEM for structural analysis were applied to further reduce weight of the structure and to enable quick definition of dimensions for critical structural parts.



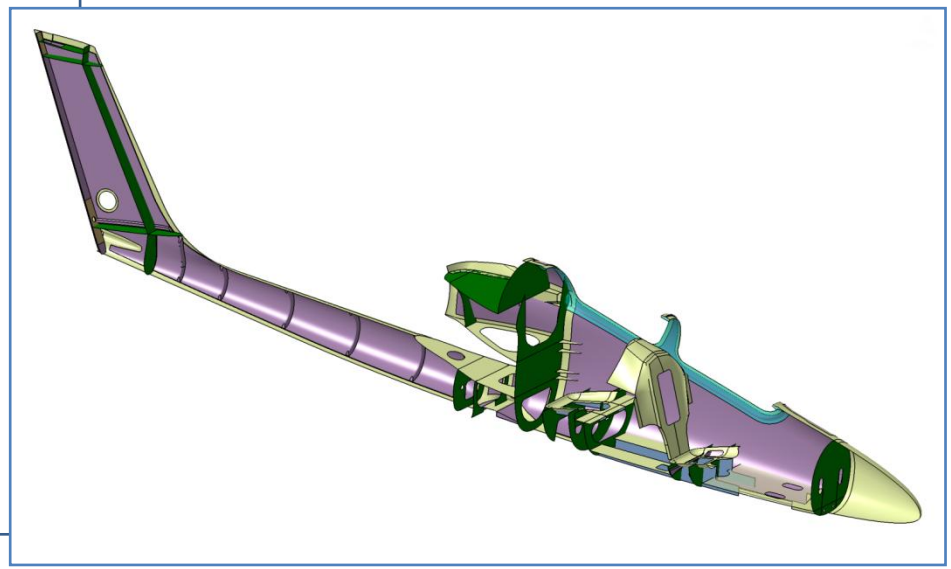


TABLE OF CONTENTS

VUT 001 Marabu systems

Major requirements on VUT 001 MARABU systems:

- ***Movement to More-Electric-Aircraft (MEA) concept:***

  Target is to make as many systems as possible electrically driven. This will enable smooth step-by-step transition from fully piloted aircraft (today) into fully automatic aircraft (in the future).

- ***Step-by-step integration of UAV systems should be enabled:***

  Based on the statistical analysis, most UAVs are designed with max. take-off weight of 600kg or less (88% of designed UAVs).

  Proposed experimental aircraft provides enough space and typical electric system for integration of majority of developed equipment.

- ***Provisions for back-up of critical systems:***

  Provisions to optionally attach second alternator were made to provide back-up function and to increase an overall capacity of the electric system for future experimental applications.

VUT 001 Marabu systems

Comparison of systems in typical conventional aircraft and VUT 001 Marabu

System	Type of System	
	Conventional Aircraft (FAR-LSA, CS-VLA)	**VUT 001 MARABU**
Primary Flight Controls	**Mechanical** (push/pull rods, cables, etc.)	**Mechanical** (push/pull rods, cables, etc.) – provisions are done to mount autopilot servos
Trim System	**Mechanical** (cables, etc.)	**Electrical** (elevator, rudder)
Flaps Extension/Retraction	**Mechanical** (push/pull rods)	**Electrical** (electromechanical strut)
Electric System	Simple with **1 alternator** and **1 battery** (optionally, second alternator to increase capacity is used interconnected with the single battery used also for ALT1)	**2 alternators** and **2 batteries** create redundant system with two independent channels. Additional independent channels can be supplied by own energy sources (batteries, fuel cell stacks, etc.).

VUT 001 Marabu Controls

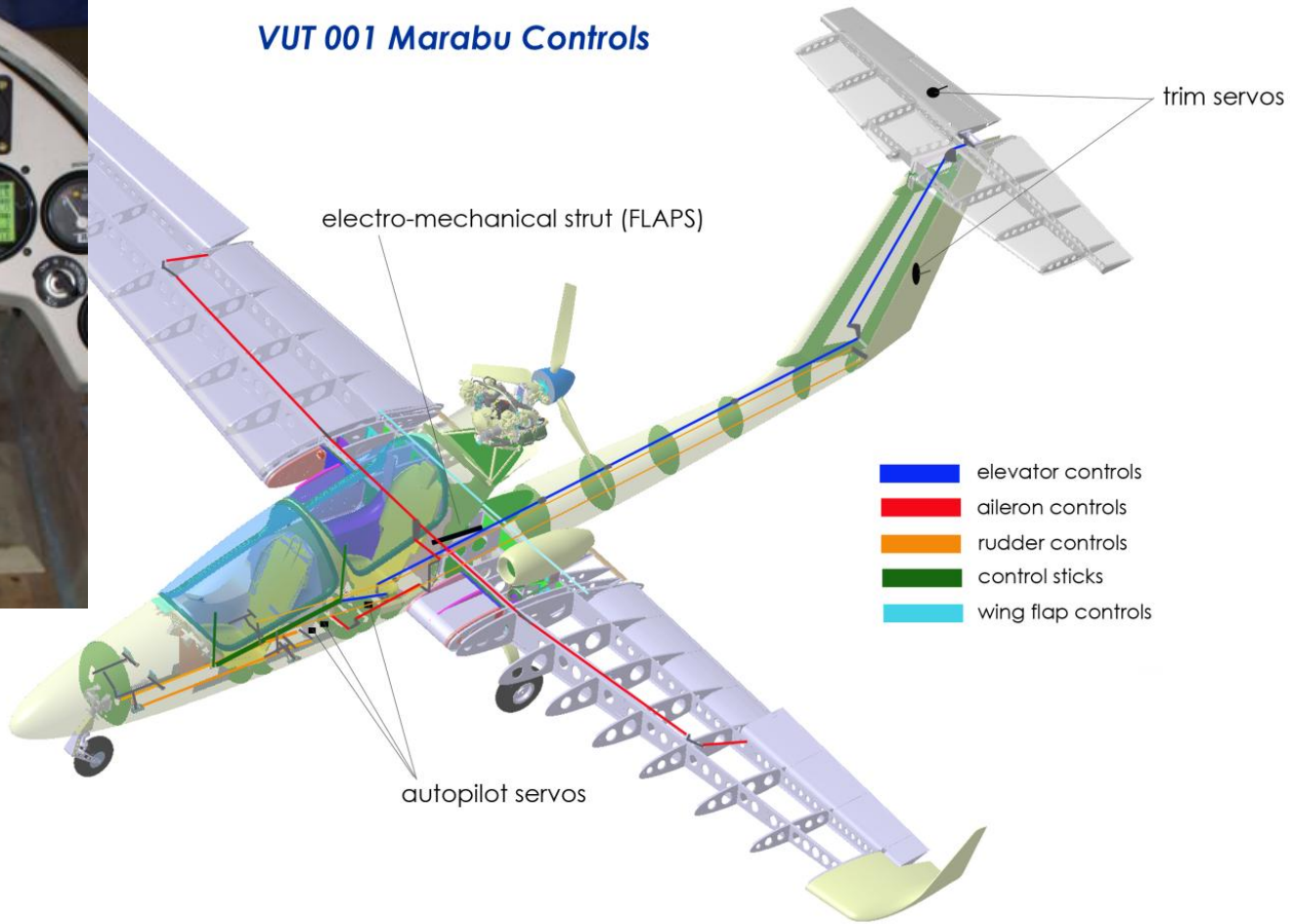


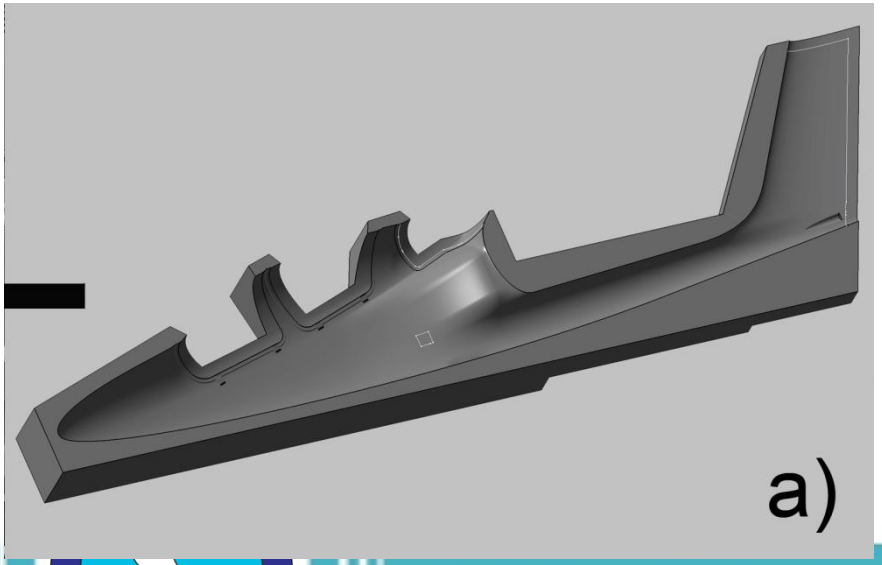
TABLE OF CONTENTS

Prototype aircraft production

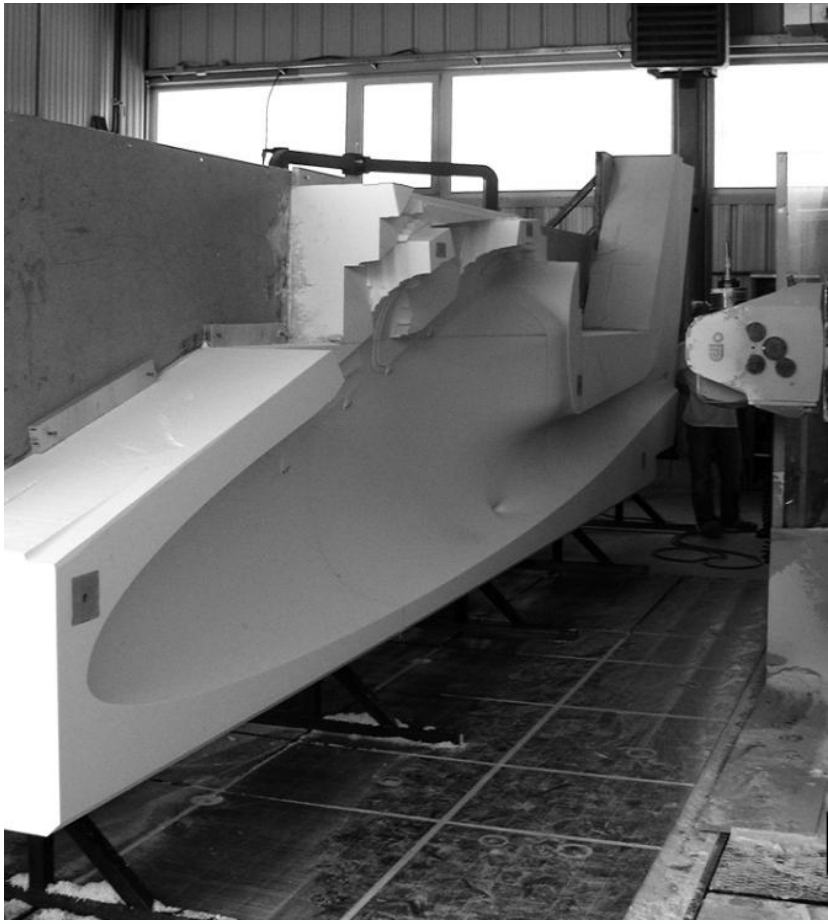
Fuselage production

Specific at academic environment

All activities were in large extend performed by young engineers, researchers and students at the university. This could be done as a result of IAE's long time activities focused on building of capacities for research and development.



Negative mould



Prototype aircraft production

First positive model

Final bonding of prototype

Prototype aircraft production

First engine test

Fuselage test

Prototype aircraft production

Required structure tests:

- ***Wing tests – Ultimate load***
- ***Centroplane test – Ultimate load***
- ***Test of Ailerons – Ultimate load***
- ***Test of Flaps – Ultimate load***
- ***Winglet test – Ultimate load***
- ***Fuel tank test - Ultimate load***
- ***Fuselage test – Ultimate load***
- ***Stabilizer and elevator tests – Ultimate load***
- ***Seats and seat belts joint tests – Ultimate load***
- ***Engine mount test – Ultimate load***
- ***Control system – Limit load***
- ***Nose landing gear – drop tests***
- ***Main landing gear – drop tests***
- ***…***

Centroplane torion test

Prototype aircraft production

Required structure tests:

- *Wing tests – Ultimate load*
- *Centroplane test – Ultimate load*
- *Test of Ailerons – Ultimate load*
- *Test of Flaps – Ultimate load*
- *Winglet test – Ultimate load*
- *Fuel tank test - Ultimate load*
- *Fuselage test – Ultimate load*
- *Stabilizer and elevator tests – Ultimate load*
- *Seats tests – Ultimate load*
- *Engine mount test – Ultimate load*
- *Control system – Limit load*
- *Nose landing gear – drop tests*
- *Main landing gear – drop tests*
- *…*

Landing gear test

Prototype aircraft production

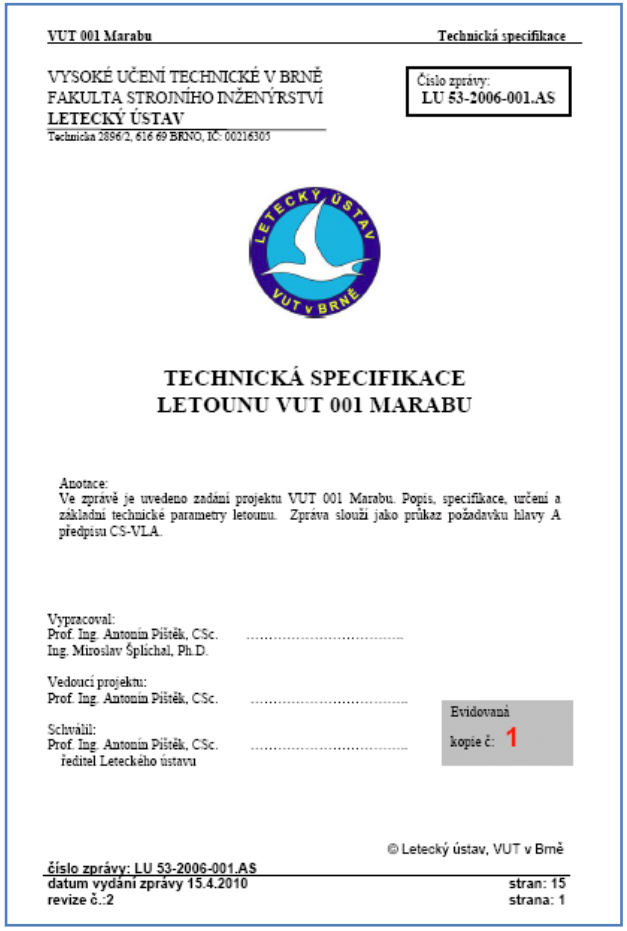
Final prototype assembly

Permit to Flight

Requirements of Czech CAA (before first take-off)

- ***Ground tests:***
  - ***Mass and centre of gravity definition***
  - ***Airplane leveling, real control surfaces definition***
  - ***Test of pitot-static system***
  - ***Engines test + static thrust measurement***
  - ***Board instruments calibration***
  - ***Test of electric system***
  - ***Test of fuel system***
  - ***Test of flaps operation***
  - ***Taxing capability and stability***

- ***Flight manual***
- ***Maitenance manual***
- ***Instruction for test flights***



VUT 001 Marabu — Technická specifikace

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV
Technická 2896/2, 616 69 BRNO, IČ: 00216305

Číslo zprávy: LU 53-2006-001.AS

TECHNICKÁ SPECIFIKACE
LETOUNU VUT 001 MARABU

Anotace:
Ve zprávě je uvedeno zadání projektu VUT 001 Marabu. Popis, specifikace, určení a základní technické parametry letounu. Zpráva slouží jako průkaz požadavku hlavy A předpisu CS-VLA.

Vypracoval:
Prof. Ing. Antonín Píštěk, CSc. .....
Ing. Miroslav Šplichal, Ph.D.

Vedoucí projektu:
Prof. Ing. Antonín Píštěk, CSc. .....

Schválil:
Prof. Ing. Antonín Píštěk, CSc. .....
ředitel Leteckého ústavu

Evidovaná kopie č: 1

© Letecký ústav, VUT v Brně

číslo zprávy: LU 53-2006-001.AS
datum vydání zprávy 15.4.2010 — stran: 15
revize č.:2 — strana: 1

Permit to Flight

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ
CIVIL AVIATION AUTHORITY

ČESKÁ REPUBLIKA — CZECH REPUBLIC

ZVLÁŠTNÍ OSVĚDČENÍ LETOVÉ ZPŮSOBILOSTI

SPECIAL CERTIFICATE OF AIRWORTHINESS

Č. / No: **ZOLZ-5530**

1. Poznávací značka Nationality and Registration Mark	2. Výrobce a typ letadla Manufacturer and Manufacturer's Designation of Aircraft	3. Výrobní číslo Aircraft Serial No.
OK-VUT	**Vysoké učení technické v Brně VUT 001 Marabu**	**001**

4. Kategorie Categories: **Experimentální - Experimental**

Provozní omezení dle L6/II Dodatek C – Operational limitation according to L6/II Appendix C:

1.1.a) zkoušení nových koncepcí za podmínek dodržení omezení 1.2.a) až f)
1.1.b) lety k průkazu požadavků předpisu způsobilosti na funkci a spolehlivost za podmínek dodržení omezení 1.2.a) až f)

Omezení - Limitations:

- Pilot musí být držitelem kvalifikace "zkušební pilot bez omezení", dle AIC C 41/94
- Zkušební lety dle článku 1.1.a) a 1.1.b) L6/II dodatek C musí být prováděny za dodržení podmínek stanovených v SOUHLASU S PROVEDENÍM ZKUŠEBNÍHO LETU (série letů) č.j. 4176-09-401 a pouze v rozsahu programu schváleného Úřadem.
- Pilot musí být vždy vybaven záchranným padákem
- Pilot musí informovat v souladu s 2.b) L6/II dodatek C

Toto letadlo nesmí být provozováno nad územím jiného státu bez povolení jeho Leteckého úřadu.

This aircraft shall not be operated over any other country without Civil Aviation Authority permission of that country.

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ ČESKÁ REPUBLIKA

30-11-2009
Datum vydání - Date of issue (dd-mm-rrrr) - (dd-mm-yyyy)

(Michal Štěpán)
Podpis - Signature

Úřad pro civilní letectví České Republiky
sekce technická

Vydáno pod č.j.: 4541-10-401

ROZHODNUTÍ

Podle ustanovení § 15 odst. 2 zákona o civilním letectví č. 49/1997 Sb.v platném znění a na základě žádosti vydává ÚCL

Souhlas s provedením zkušebního letu

Společnosti : Vysoké učení technické v Brně
Fakulta strojního inženýrství
Letecký ústav

se sídlem : Technická 2896/2
616 69 Brno

Držiteli oprávnění: výrobci letadla

který provede s letadlem
typu : VUT 001 MARABU **poznávací značka :** OK- VUT

Omezení a podmínky pro provádění zkušebních letů :

1. Nedílnou přílohou tohoto Rozhodnutí je Instrukce pro provádění zkušebních letů letounu VUT 001 Marabu č.LU47-2009-001.SM, schválená Úřadem.
2. Lety (série letů) budou prováděny z letiště Kunovice LKKU a Jihlava LKJI jako zkušební lety pro ověření způsobilosti individuálně vyrobeného letadla dle ustanovení §9 zákona č.49/1997 Sb. o civilním letectví v platném znění a budou vedeny jako zkušební lety dle předpisu L6/II Dodatek C, bod 1.1 a) a b). Součástí zkoušek letounu bude ověřování proudového motoru TJ 100C a vlastností letadla s pohonem touto jednotkou.
3. Lety budou prováděny v rozsahu provozních omezení stanovených letovou příručkou a Úřadem schválenými programy zkoušek.
4. Zkušební lety budou prováděny v prostoru vymezeném letištním řádem letiště na němž budou prováděny, v rozsahu a s omezeními dle schváleného programu zkoušek.
5. Lety mohou být provedeny pouze se souhlasem provozovatele daného letiště.
6. Ošetřování, přípravu a zajištění letadla k letu budou provádět osoby dle seznamu pozemního personálu uvedené v Instrukci pro zkušební lety.
7. Zkušební lety budou provádět piloti s kvalifikací pro zkušební lety bez omezení dle AIC C 41/94, uvedení v Instrukci pro zkušební lety.
8. Na zkušební let vydá příkaz k letu odpovědná osoba provozovatele VUT Brno.
9. Za zpracování PRG a MET a vyhodnocování zkoušek pro letoun je odpovědná skupina aerodynamiky, pro motor TJ 100C pracovníci PBS Velká Bíteš.
10. Platnost tohoto Souhlasu je omezena na odlétání schváleného programu zkoušek, nejpozději však do 30.11.2011.

CAAF-TI-04-0/00-2

LETECKÝ ÚSTAV VUT v BRNĚ

First Flight

VUT 001 Marabu took-off for the first time on 29th April 2010.

First test flights were performed in Kunovice (south east part of the Czech Republic).

Test-pilot Stanislav Sklenar reported excellent handling and performance characteristics.

MSV2010 - The International Engineering Fair

Experimental airplane VUT 001 Marabu was recently awarded with **Gold Medal MSV 2010**.

MSV 2010 = the largest presentation of industrial technologies in the area of Central Europe.

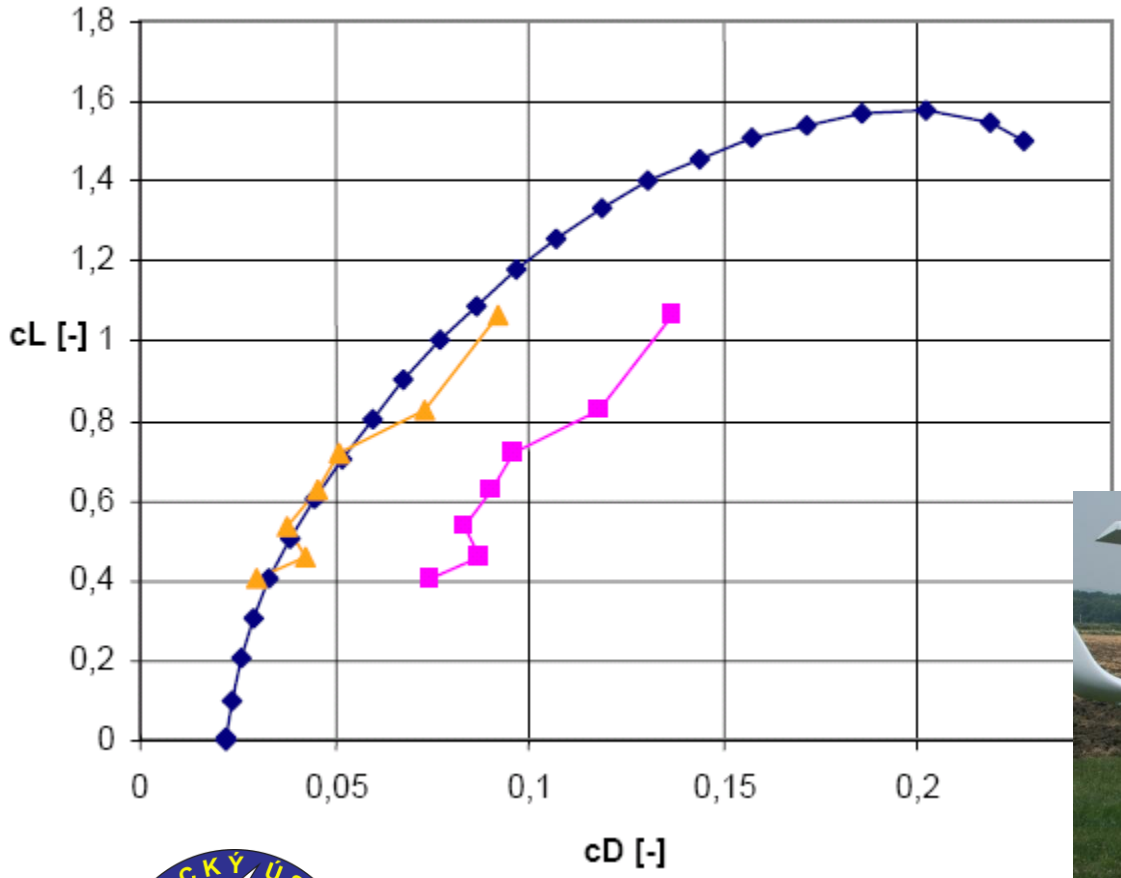
First cross-country fly

Fly from LKKU to LKJI for next test flights

Test-pilot Jaromir Hammer

Flight Tests

Aerodynamic polar – significant influence of fuselage-wing interference drag



Flight Tests

TABLE OF CONTENTS

Perspective Development of VUT 001 Marabu

Applications and perspective development of VUT 001 Marabu

A) UAV activities

- **Finalization** of full UAV version – automatic **control system**
- **Development of sensors and components** for critical systems of UAVs
- **Low cost testing** of equipment for various missions
- **Simulation** of different **mission profiles**

B) Non-UAV applications

- Flight **measurements of characteristics for developed jet engines**
- **Development and production of VUT 061 Turbo – modification for turboprop engine TP-100** (180kW)
- **Development and production of VUT 051 Ray – modification for non-conventional propulsion** (electric engine, on-going activity)

Pilot Stanislav Sklenar and prof. Pistek

Experimental jet engine TJ100M

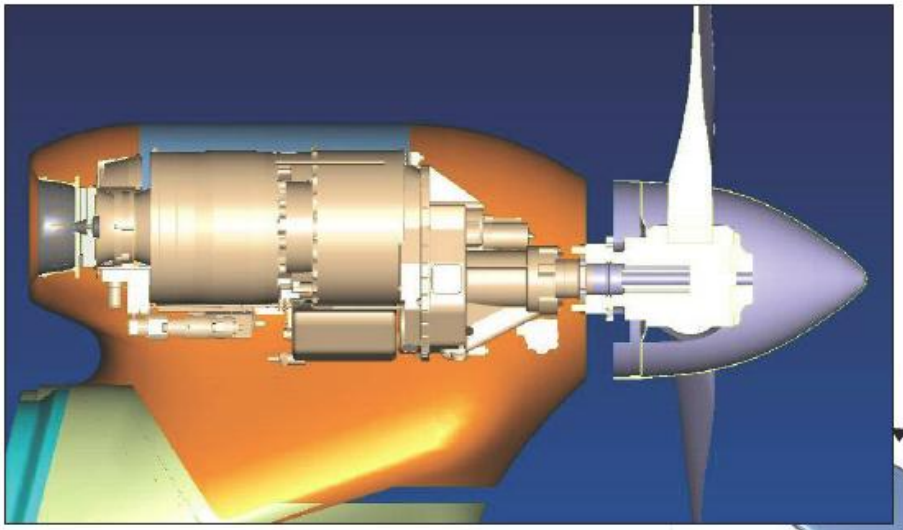
Small jet engine developed in **PBS**, Velká Bíteš.

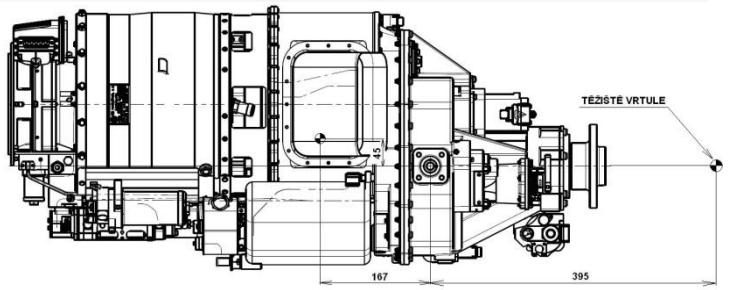
TJ 100M

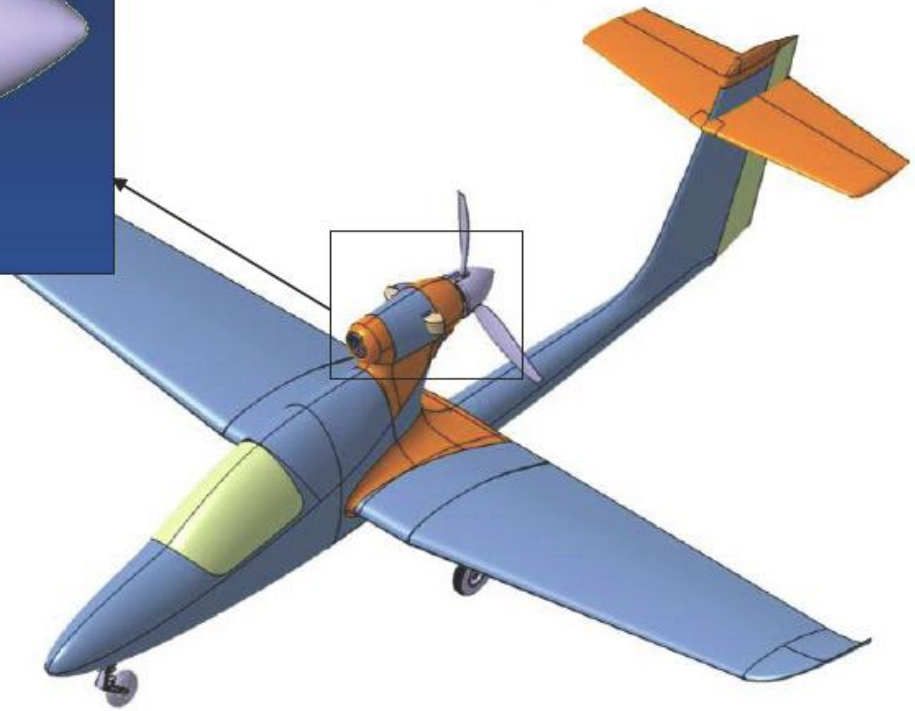
TJ100M jet engine with thrust up to 1100N designed for UAV applications

Yabhoon aerial target (uses TJ100)

Perspective Development of VUT 001 Marabu







VUT 061 Turbo

Thank you for your attention …

Acknowledgment

Some of the presented activities were supported by Ministry of Industry and Trade (in the frame of grant project **FI-IM3/041**).

READ 2012
Brno, June 2012

RRDPAE 2008

Detail information will be published on http://lu.fme.vutbr.cz

CAPACITIES

CEDESA

We are looking for aerodynamics, structure experts

Detail information are published on
http://www.cedesa.eu

LETECKÝ ÚSTAV VUT v BRNĚ