

## KÖNNYŰ SPORTREPŰLŐGÉP TERVEZÉSE SZÉLCSATORNA TESZTEK ÉS KORSZERŰ TERVEZŐPROGRAMOK ALKALMAZÁSÁVAL

### CONCEPTUAL DESIGN OF A LIGHT SPORT AIRCRAFT WITH EMPHASIS ON WIND TUNNEL TESTS AND SOFTWARE TOOLS

Angi Norbert<sup>1</sup>, Răzvan Udroui<sup>2</sup>, Angel Huminic<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Transilvania Egyetem, Mekanikai Mérnöki Kar, Repülő Mérnöki Szakképzés,  
Cím: 500017, Románia, Brassó, Telefon 0753112470, anginorbert@gmail.com

<sup>2</sup>Transilvania Egyetem, Repülő Mérnöki Kar, udroui.r@unitbv.ro

<sup>3</sup>Transilvania Egyetem, Folyadékok Mekankája Tanszék, angel.h@unitbv.ro

#### Abstract

This paper presents the preliminary design of a light sport aircraft (LSA), based on multiple design phases and wind tunnel tests, in order to obtain new lightweight, low cost, low fuel consumption and long-range aircraft. A series of wind tunnel tests were taken in order to improve the aerodynamic calculations of the concept airplane. The preliminary design and wind tunnel tests will follow a series of flight experiments to determine the real performance and dynamic stability of the airplane.

**Keywords:** conceptual aircraft design, flight envelope diagram, aerodynamics, wind tunnel tests, aerodynamic balance calibration.

#### Összefoglalás

Jelen tanulmányi anyag egy könnyűszerkezetes sportrepülőgép (LSA) előzetes tervezését mutatja be – kitérve ennek különböző tervezési fázisaira, illetve szélcsatorna kísérleteire – amely különös figyelmet fordít egy könnyűszerkezetű, nagy hatótávolságú, alacsony üzemanyagfogyasztású, illetve kis költségvetésű repülőgép gyártására. Számos szélcsatorna-teszt végrehajtására került sor, a repülőgép aerodinamikai számításainak fejlesztésére. Az előzetes tervezési számításokat, illetve a szélcsatorna kísérleteket sorozatos repülési kísérletek követik, amik segítségével meghatározhatjuk a repülő valós teljesítményét és dinamikai stabilitását.

**Kulcsszavak:** koncepció repülőgép-tervezés, repülési diagram, aerodinamika, szélcsatorna-kísérletek, kalibrációs mérések.

#### 1. Bevezetés

A tanulmány fő célja, hogy bemutasson egy olyan koncepció könnyű vázszerkezetes sportrepülőgépet (LSA) – kezdve a

kezdetleges tervezési tanulmányoktól a szélcsatorna tesztekig – melynek aerodinamikai teljesítménye 15%-al-, üzemanyagfogyasztása 12.42%-al- és repülési hatótávolsága 10%-al meghaladja a jelenlegi piacon lévő, ugyanebbe a kategóriába tarto-

zó könnyű sportrepülőgépek teljesít-ményét (pl. Flight Design CTLSi, Czech Sport Aircraft, Evektor Harmony). Mindezt versenyképes előállítási költségen (költség-tartomány 100.000 -140.000 €).

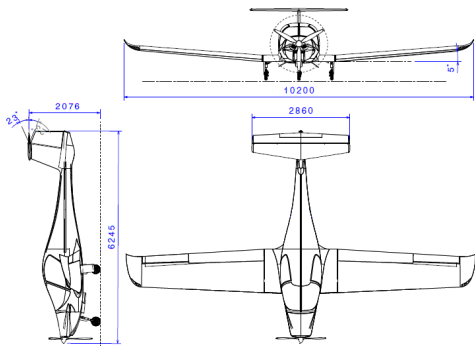
**1.1 Fő célkitűzések**

A fő célkitűzések:

- egy 1/10 mértékarányú repülőmodell szélcsatorna kísérletei;
- egy ¼ mértékarányú kísérleti repülőgép repülési tesztjei, hasonlósági számítások alkalmazásával;
- a repülőgép teljesítményének meghatározása és gyártási előkészületei.

1. táblázat. – A repülőgép általános jellemzői

Paraméterek	
személyzet	1 pilóta
kapacitás	1 utas
hossz	6.45 m
szárnyfelület	11.5 m <sup>2</sup>
szárnyfesztáv	10.2 m
szárnyprofil	Eppler 562
minimális tömeg	315 kg
maximális felszállási tömeg	600 kg
üzemanyag tartály	100 L
motor	Rotax912iS
maximális sebesség	275 km/h
utazási sebesség	206 km/h
repülési hatótávolság	1650 km
repülési csúcsmagasság	5500 m



1. ábra. A repülőgép fentről, szemből és oldalnézetből

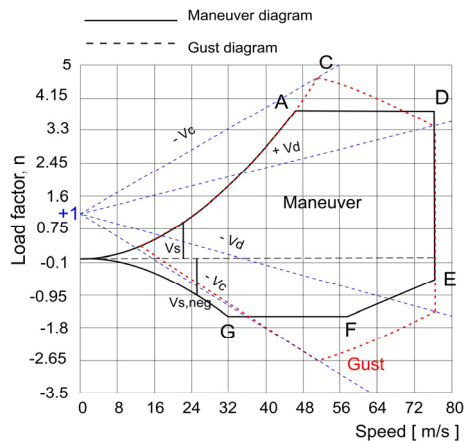
A repülő előzetes tervezése: Raymer 1992, Jenkinson 1999, Roskam 1985, Torenbeek 1982, Nicolai 1975, Schaufele 2007 és Grosu 1965, repülő tervezési szakirodalmain alapszik. [2]

**2. V-n diagram (Maneuver & Gust Diagram)**

A koncepciós repülőgép kezdetleges tervezése a CS-LSA (Certification Specification of Light Sport Aircraft [1]) követelményeire alapoz.

Annak érdekében, hogy meghatározzuk a repülő teljesítmény- és sebesség határait, manőver- és széllelőkeés grafikonok felállítására volt szükség (V-n grafikon).

A repülőgép manőverezhetőségi grafikonja szemlélteti az eltérő terhelési tényezők változását különböző repülési sebességek esetén. Alacsony sebességnél, a maximális terhelési tényező korlátozza a maximális felhajtóerő, CL értékét. Nagy sebességnél a manőverezési terhelési tényezőt a CS-LSA szabályzata korlátozza. A maximális terhelési tényező +3.8 g és az előírt negatív terhelési érték -1.5 g. A terhelési tényező értéke az utazási sebesség (Vc), értékéig exponenciálisan nő, azt követően lineárisan csökken, elérve a maximális repülési sebességet (VD).



2. ábra. A repülőgép V-n diagramja [7]

### 3. Szélcsatorna kísérletek

A repülő szélcsatorna kísérletei a brasói Transilvania Egyetem aero-dinamikai laboratóriumában történtek. A szélcsatorna zárt kísérleti fülkéje 1.2m x 0.6m x 1.2m, a maximális tesztelési sebessége 40 m/s és a turbulencia értéke kevesebb mint 0.5%, amely megfelel az SAE (Society of the Automotive Engineers) előírásoknak.

A szélcsatorna kísérleteket, pontosabb aerodinamikai eredmények elérése céljából egy 1/10 mértékarányú repülőmodellel végeztük (lásd 3. ábra).



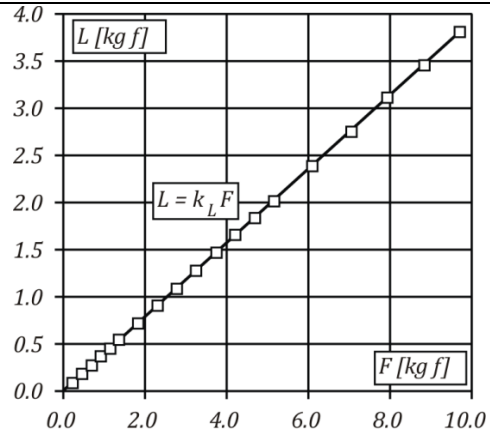
3. ábra. A repülőmodellel a szélcsatorna zárt kísérleti fülkéjében

A szélcsatorna kísérleteket a tenziómetrikus műszerek kalibrálása előzte meg. A tenziómetrikus műszer kalibrációs eredményei az 4. és 5. ábrán láthatók. [5] Ezek az adatfeldolgozó rendszer által mért felhajtóerő és légellenállás értékei (Lift & Drag) szerepelnek, a repülőgép  $O_x$ , illetve  $O_z$  tengely terhelése függvényében.

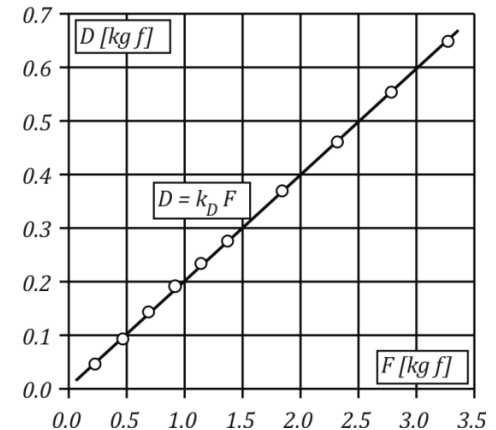
$$L = k_L F, \quad D = k_D F \quad (1)$$

A kalibrációs méréseket követően a repülő-modellel különböző állásszögeken ( $\alpha$ ) volt tesztelve.

A szélcsatorna vizsgálati kamrájában mért légköri paraméterek értékei a következők: hőmérséklet  $t = 26^\circ\text{C}$ ; légnyomás  $p = 94440 \text{ n/m}^2$ ; légsűrűség  $\rho = 1.010 \text{ kg/m}^3$ ; dinamikus viszkozitás  $\mu = 1.84 \cdot 10^{-5} \text{ kg/ms}$ .



4. ábra. A repülő  $O_z$  tengelye után mért kalibrációs grafikonja [3]

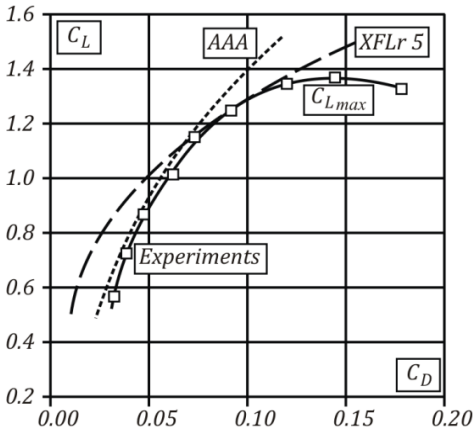


5. ábra. A repülő  $O_x$  tengelye után mért kalibrációs grafikonja [3]

A szélcsatorna tesztek során mért Reynolds szám átlag értéke, adott  $MAC = 0.116$  m érték esetén (Main Aerodynamic Chord),  $Re = 2.17 \cdot 10^5$ .

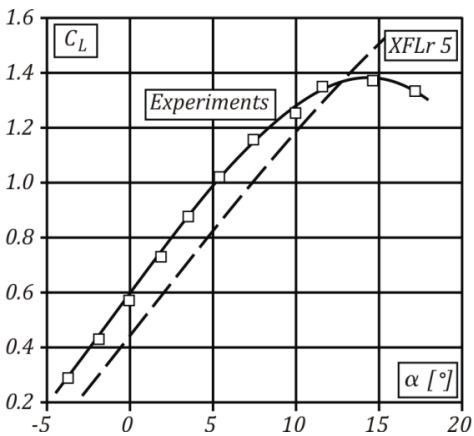
A szélcsatorna kísérleteket egy sorozatos korrekciós számítás követte, a "William H., Low-speed wind tunnel testing" elmélete alapján: interferencia-, turbulens áramlások-, állásszög és légellenállás-, dinamikus légnyomás korrekciós számítások [6].

A korrekciós szélcsatorna kísérletek és becslő számítógépes aerodinamikai eredmények a 6. ábrán követhetők.



6. ábra. A repülő kísérleti és elméleti poláris görbéi [3].

a)  $C_L/C_x$ -felhajtóerő és légellenállás függvényében



b).  $C_l(\alpha)$ -felhajtóerő az állásszög függvényében

#### 4. Következtetések

A repülőgép előzetes aerodinamikai számításai, AAA (Advanced Aircraft Analasys – DARcorporation [9]) és XFLr5

[8] elemző programok eredményeire alapoz.

A becsült számítógépes és szélcsatorna tesztek eredményei a 6. ábrán követhetők. A számítógépes szoftverek és szélcsatorna tesztek közti eltérés  $\approx 10\%$ .

A kezdetleges szélcsatorna kísérletek eredményei alapján a repülőgép aerodinamikai teljesítménye  $\approx 15.0\%$ -al magasabb a jelenlegi legjobb könnyű sportrepülőgépekhez viszonyítva.

A repülő gyártási előkészületeinek érdekében egy  $\frac{1}{4}$  mértékarányú kísérleti repülőmodell repülési kísérleteire fog sorkerülni.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] EASA, *Certification Specification and Acceptable Means of Compliance for Light Sport Aeroplanes*, CS-LSA, European Aviation Safety Agency, 2013
- [2] Roskam J., *Airplane Design, Part I. Preliminary Sizing of Airplanes*, University of Kansas, 1985
- [3] Angi N., Huminic A., *Preliminary design of a LSA aircraft using wind tunnel tests*, INCAS Bulletin,
- [4] Angi N., Udroi R., *Design of a LSA aircraft using advanced software*, International Conference of Scientific Papers - AFASES 2015
- [5] Huminic A., Huminic G., *CFD Study Concerning the Influence of the Underbody Components on Total Drag for a SUV*, SAE Technical Paper 2009-01-1157, 2009,
- [6] Barlow J., Rae W., Pope A., *Low-speed wind tunnel testing*, Third Edition, USA, 1999.
- [7] Grosu, I., *Calculul și construcția avionului, Vol. I/II.*, Editura Didactică și pedagogică București, 1965
- [8] XFLr5, <http://www.xflr5.com/xflr5.htm>
- [9] DARcorporation, <http://www.darcorp.com/Software/AAA/>