

Mašinski fakultet

Univerzitet u Beogradu



Mašinsko inženjerstvo u praksi 2023

VAZDUHOPLOVSTVO

Prilog 1

Beograd, maj 2023

Katedra za vazduhoplovstvo

Mašinski fakultet

Univerziteta u Beogradu

Miloš D. Petrašinić

mpetrasinovic@mas.bg.ac.rs

Nikola G. Raičević

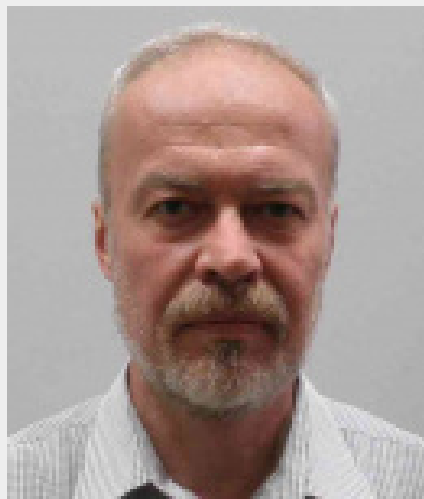
nraicevic@mas.bg.ac.rs



- Organizacija katedre
- Šta možete da naučite?
- Primeri studentskih radova
- Šta možete da radite?
- Zaključak

Šef katedre

Иван А. Костић



др Иван А. Костић, редовни професор

Катедра за ваздухопловство

Кабинет: 326

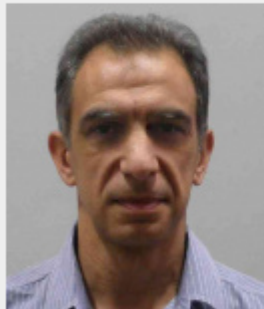
Мејл адреса: ✉ ikostic@mas.bg.ac.rs

Телефон: локал 279; директан 3302-279



Redovni profesori

Александар Ч. Бенгин



др Александар Ч. Бенгин, редовни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 113/1
Мејл адреса: ✉ abengin@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 242, 279; директан 3302-242



Александар М. Грбовић



др Александар М. Грбовић, редовни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 12; 226
Мејл адреса: ✉ agrbovic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 357; 369; 262; директан 3302-226



Мирко Р. Динуловић



др Мирко Р. Динуловић, редовни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 9/1; 226
Мејл адреса: ✉ mdinulovic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 366; директан 3302-366



Часлав Б. Митровић



др Часлав Б. Митровић, редовни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: Аеротунел
Мејл адреса: ✉ cmitrovic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 242; директан 3302-242



Redovni profesori

Данило М. Петрашиновић



др Данило М. Петрашиновић, редовни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 12; 226
Мејл адреса: ✉ dpetrasinovic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 357; 369; директан 3302-357



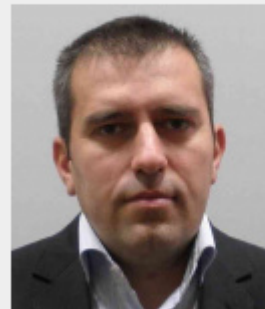
Небојша Б. Петровић



др Небојша Б. Петровић, редовни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 328; 9/9
Мејл адреса: ✉ npetrovic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 245; 282; директан 3302-245



Александар М. Симоновић



др Александар М. Симоновић, редовни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 113/1
Мејл адреса: ✉ asimonovic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 345; 242; директан 3302-242



Vanredni profesori

Горан С. Воротовић



др Горан С. Воротовић, ванредни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: Аеротунел
Мејл адреса: ✉ gvorotovic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 482; директан 3302-482



Оливера П. Костић



др Оливера П. Костић, ванредни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 326
Мејл адреса: ✉ okostic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 279; директан 3302279



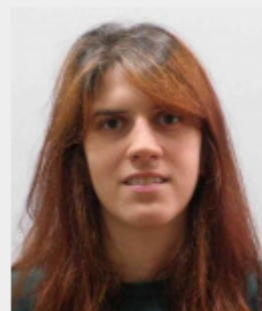
Огњен М. Пековић



др Огњен М. Пековић, ванредни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 113/1
Мејл адреса: ✉ opekovic@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 345;242; директан 3302-345



Јелена М. Сворцан



др Јелена М. Сворцан, ванредни професор
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 113/1
Мејл адреса: ✉ jsvorcan@mas.bg.ac.rs
Телефон: локал 345; 242; директан 3302-345



Docenti

Никола С. Давидовић



др Никола С. Давидовић, доцент
Катедра за ваздухопловство
Кабинет: 5
Мејл адреса: ✉ ndavidovic@mas.bg.ac.rs
Телефон:



Тони Д. Иванов



др Тони Д. Иванов, доцент
Катедра за ваздухопловство
Кабинет:
Мејл адреса: ✉ tivanov@mas.bg.ac.rs
Телефон: директан 3302-242



Маја Б. Росић Витас



др Маја Б. Росић Витас, доцент
Катедра за ваздухопловство
Кабинет:
Мејл адреса: ✉ mrosic@mas.bg.ac.rs
Телефон:



Asistenti

Никола Г. Раичевић



мастер маш. инж. Никола Г. Раичевић, асистент

Катедра за ваздухопловство

Кабинет:

Мејл адреса: ✉ nraicevic@mas.bg.ac.rs

Телефон:



Милош Д. Петрашиновић



мастер маш. инж. Милош Д. Петрашиновић, асистент

Катедра за ваздухопловство

Кабинет:

Мејл адреса: ✉ mpetrasinovic@mas.bg.ac.rs

Телефон:



Šta možete da naučite?



Po čemu se vazduhoplovstvo razlikuje?

- minimalna masa,
- maksimalan koristan teret,
- minimalni stepen sigurnosti,
- tankozidne konstrukcije,
- interakcija fluida i strukture,
- najsavremeniji materijali.

Šta možete da naučite?



Koji sve tipovi vazduhoplovstva postoje?

- Civilno vazduhoplovstvo,
- Vojno vazduhoplovstvo,
- Kosmonautika

Šta možete da naučite?



Vazduhoplovne delatnosti

- Istraživanje i Razvoj (R&D)
- Proizvodnja
- Održavanje
- Eksploatacija
- Školovanje
- Zakonska regulativa
- Istraživanje nesreća
- Ostalo (prodaja, marketing itd.)

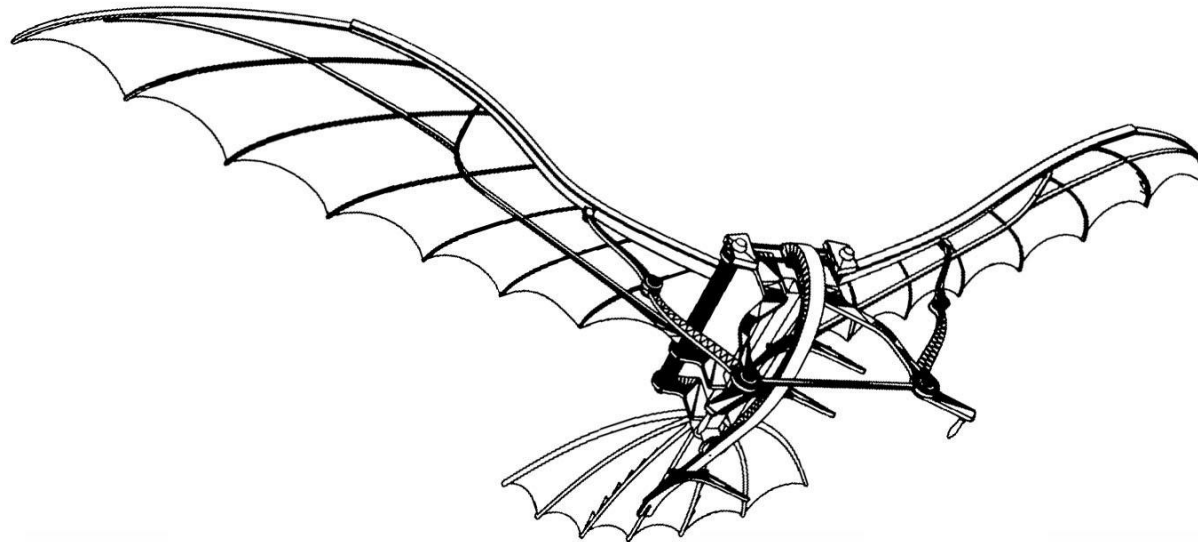
Šta možete da naučite?



Istorija vazduholovstva

- 1909. - Ivan Sarić (Subotica) – let na avionu sopstvene konstrukcije i izrade
- 1912. - formirana vazduhoplovna komanda srpske vojske (15-ta u svetu)
- 1921. - “Srpski aeroklub” – osnovan od strane veterana sa Solunskog fronta
- 1923. - “Ikarus D.D.” – prva srpska industrija aeroplana
- 1924. - ŠB-1 – prvi srpski avion isporučen I vazduhoplovnom puku
- 1927. - “Aero-put” – prva srpska avio kompanija
- 1932. - Osnovana Katedra za Vazduhoplovstvo

Kako se savršena letelica zamišljala nekada davno?



Šta možete da naučite?



Aerostati

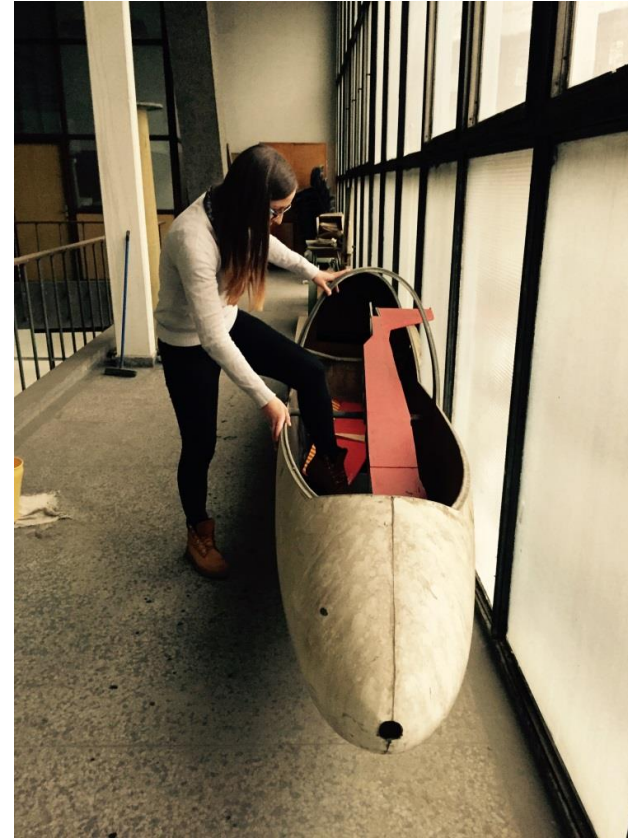


Let aerostatom sa vrha Mašinskog fakulteta

Šta možete da naučite?



Bezmotorni let



Jedrilice u hangaru fakulteta

VAZDUHOPLOVSTVO

Šta možete da naučite?



Motorni let

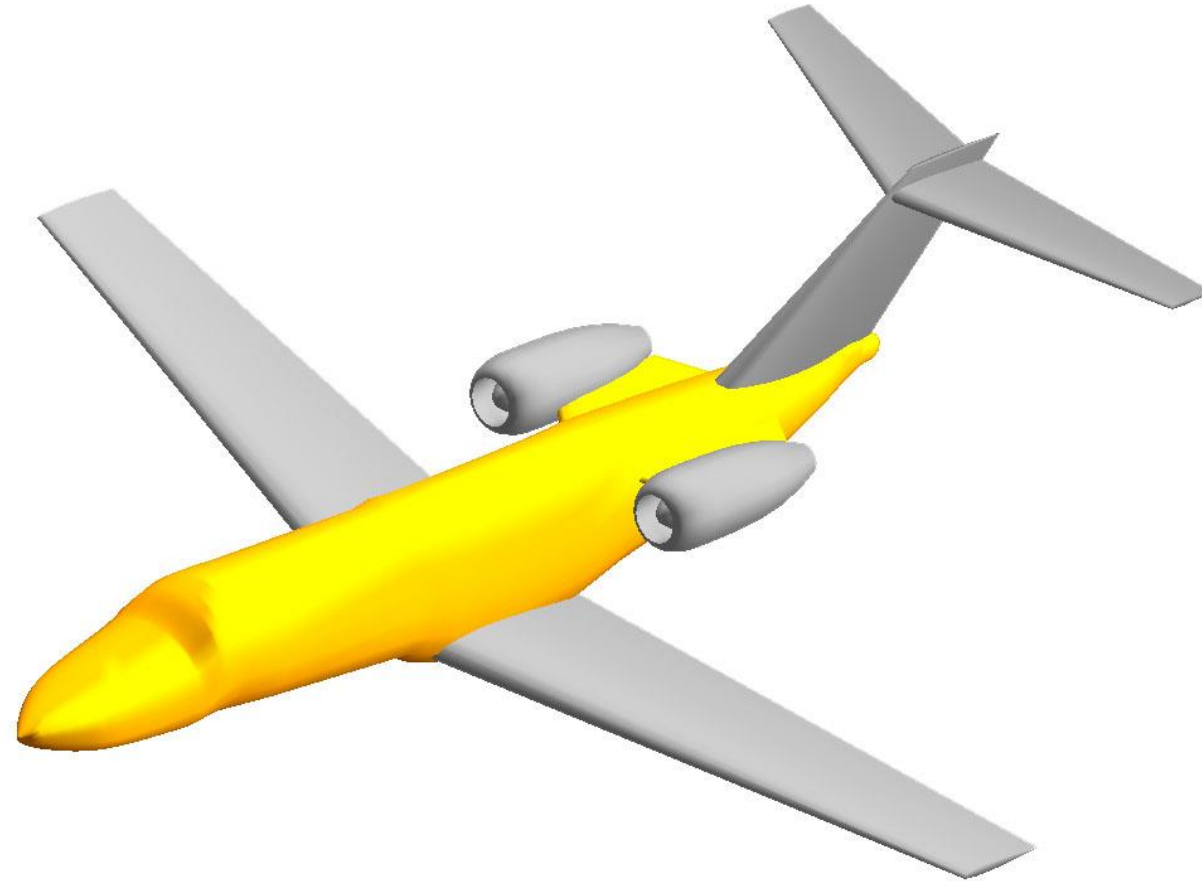


VAZDUHOPLOVSTVO

Šta možete da naučite?



Proizvod vazduhoplovstva



VAZDUHOPLOVSTVO

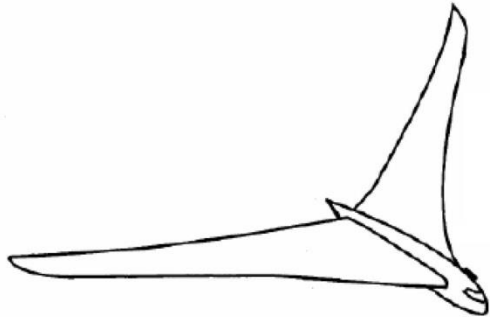
Proizvod vazduhoplovstva

- Lovачki avioni
- Školsko borbene avioni
- Bombarderi
- Transportni avioni
- Borbeni helikopteri
- Podzvučni saobraćajni avioni
- Nadzvučni saobraćajni avioni
- Poslovni avioni
- Laka opšta avijacija
- Poljoprivredna avijacija
- Civilni helikopteri
- Беспilotne letelice
- Dronovi
- ...

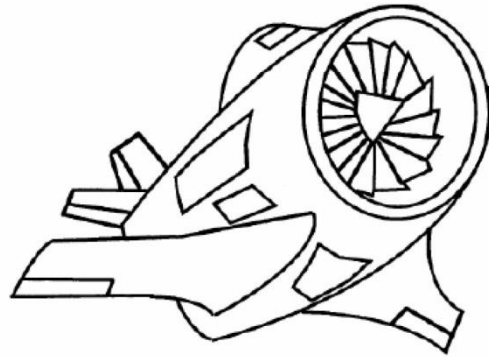
Šta možete da naučite?



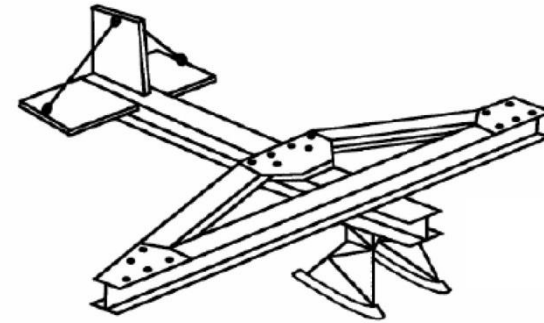
Kako smo podelili vazduhoplovstvo?



Aerodinamika



Propulzori

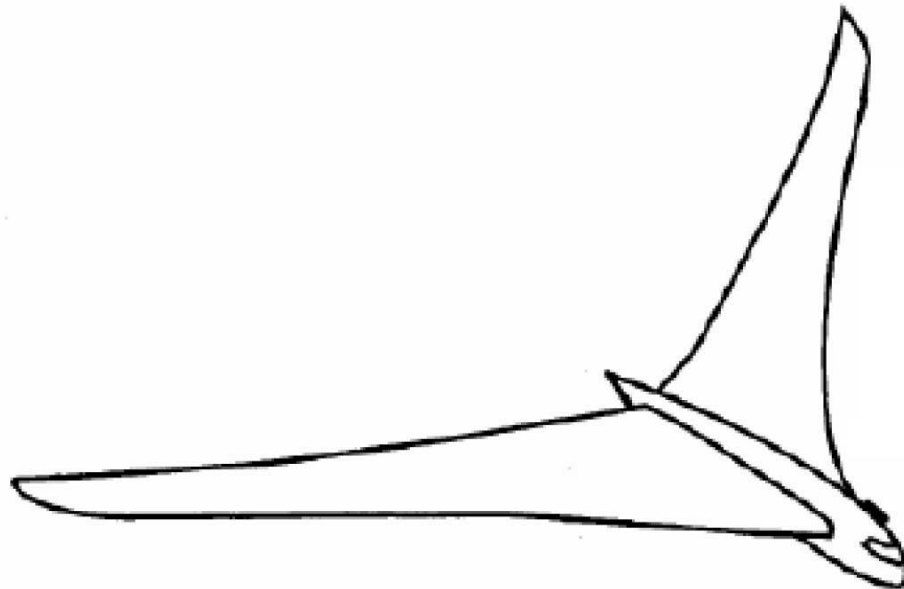


Struktura

Šta možete da naučite?



Kako savršeni avion zamišljaju oni koji se bave aerodinamikom?



Šta možete da naučite?



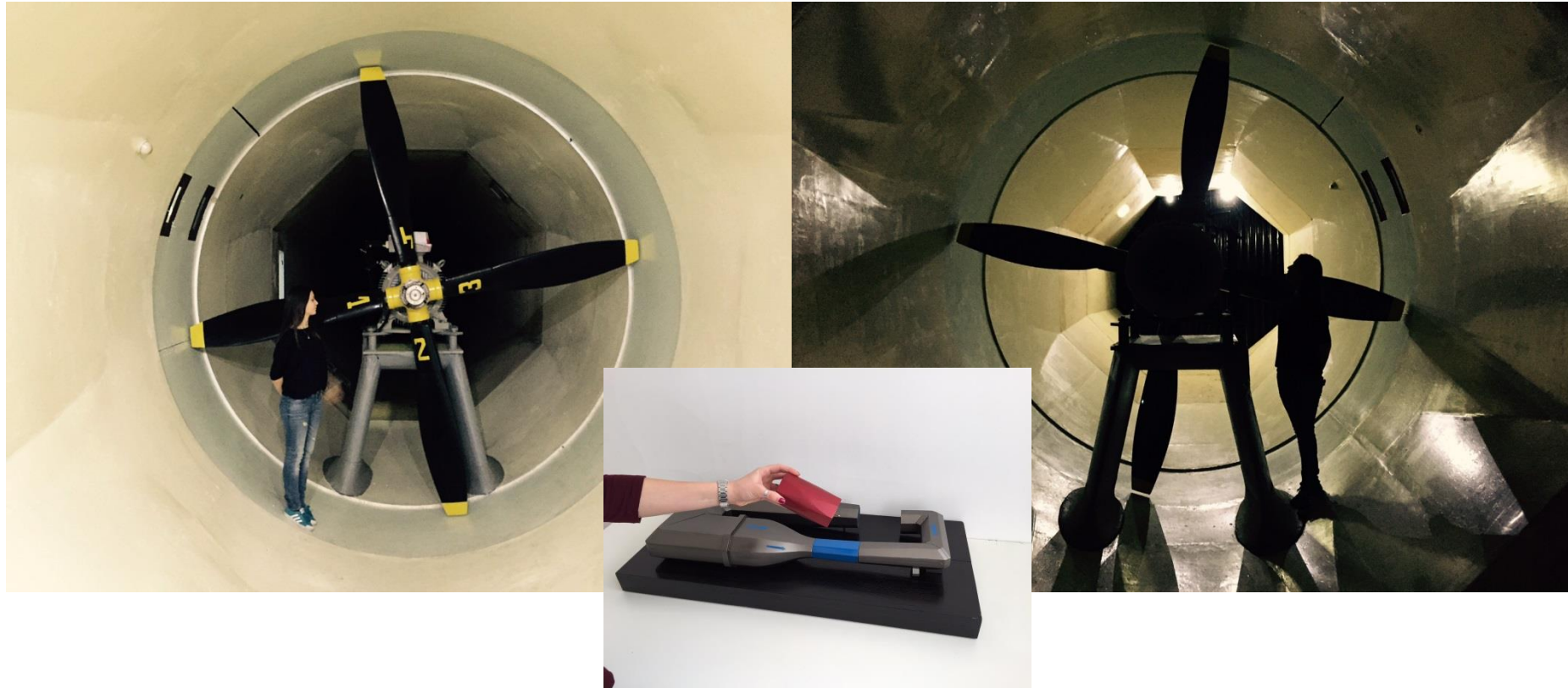
Aerotunel Mašinskog fakulteta



Šta možete da naučite?



Aerotunel - Pogonska grupa



Šta možete da naučite?



Aerotunel - Veliki difuzor



Šta možete da naučite?



Aerotunel - Skretne lopatice



Šta možete da naučite?



Aerotunel - Kolektor i komora umirenja



Šta možete da naučite?



Aerotunel - Radni deo



Šta možete da naučite?



Aeropofil



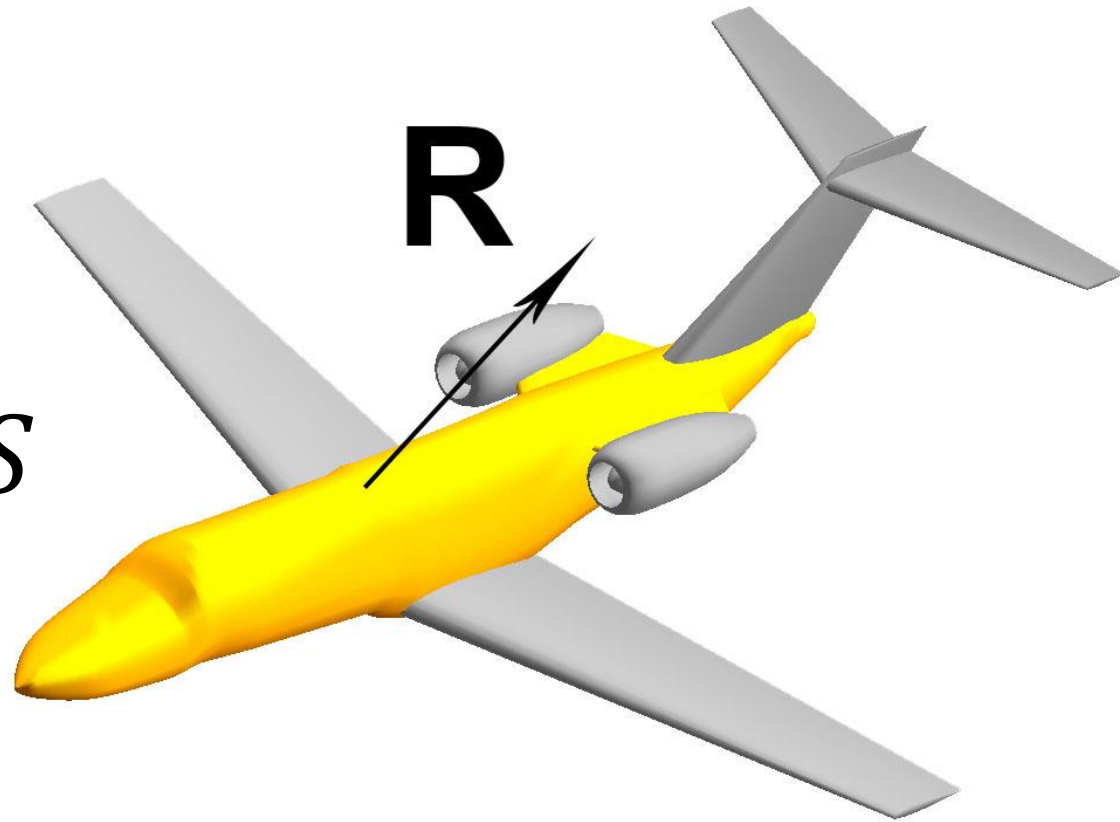
VAZDUHOPLOVSTVO

Šta možete da naučite?



Aerodinamička sila

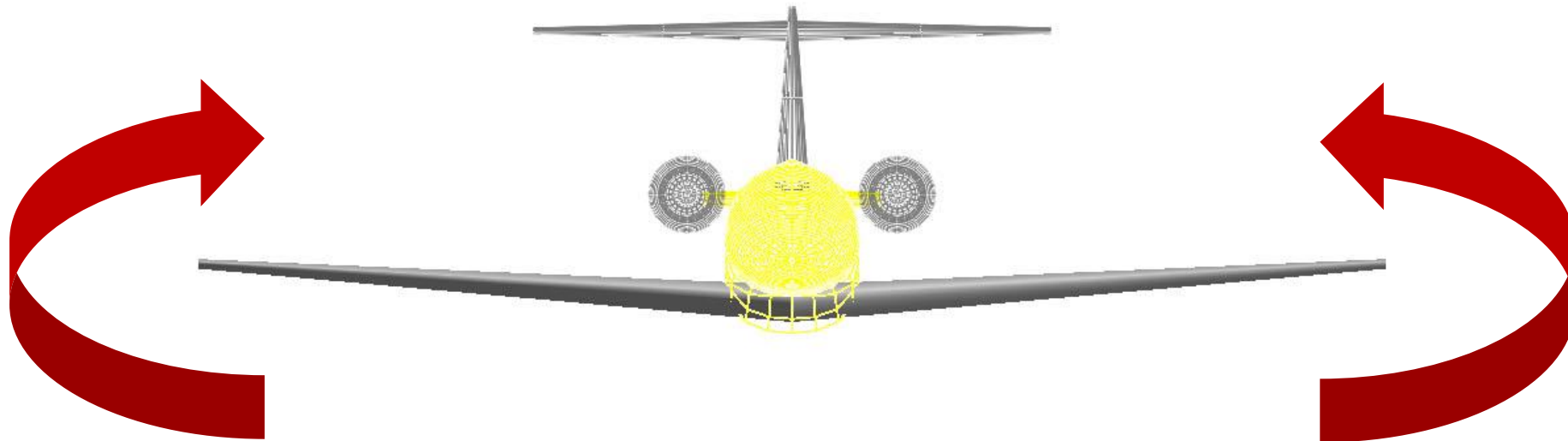
$$R = C \cdot q \cdot S$$



Šta možete da naučite?



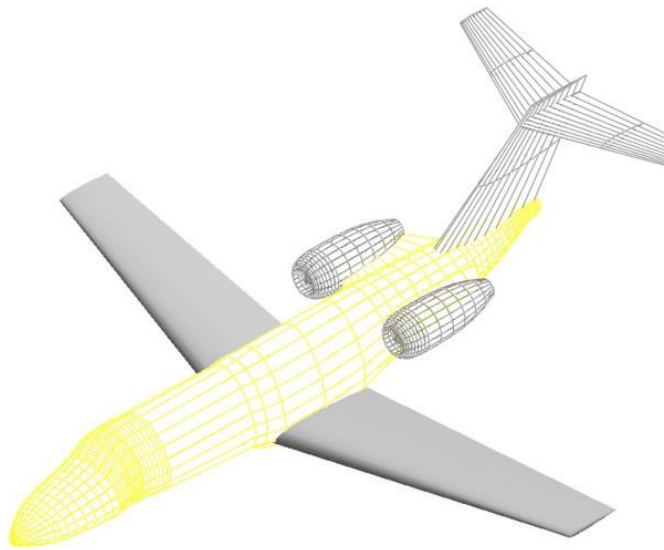
Opstrujavanje krila



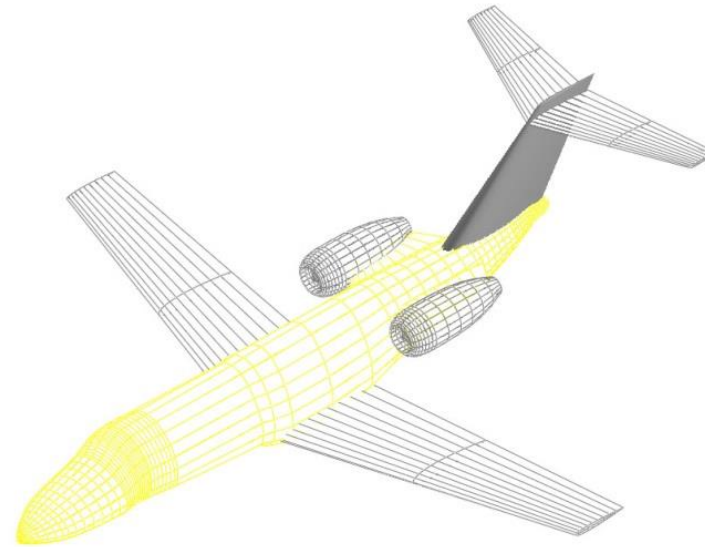
Šta možete da naučite?



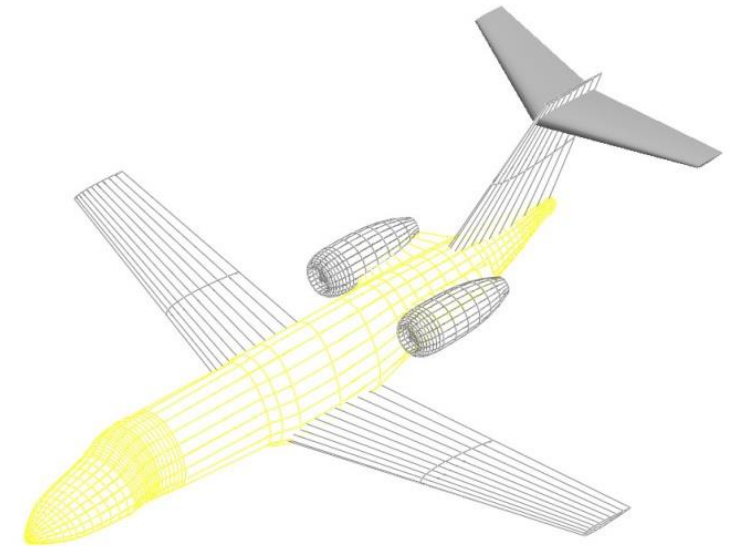
Aerodinamičke površine



Krilo

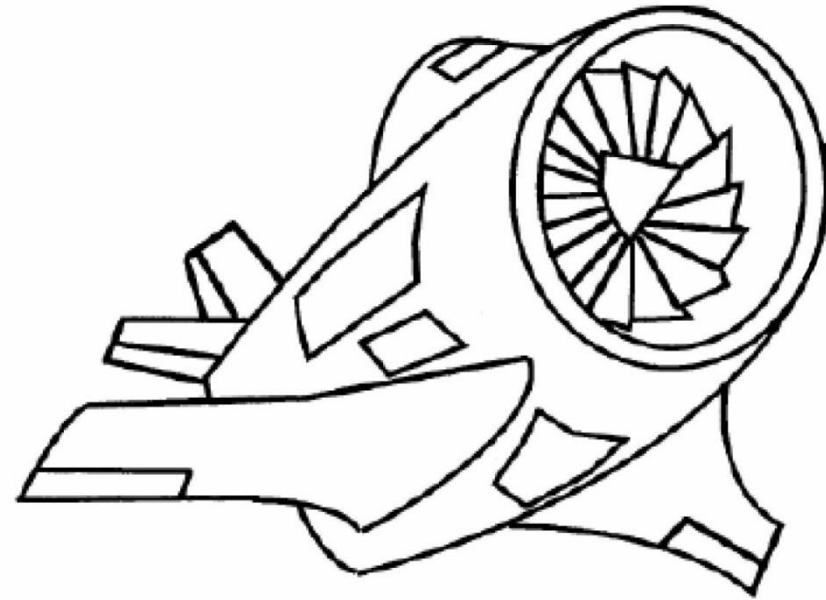


Vertikalni rep



Horizontalni rep

Kako savršeni avion zamišljaju oni koji se bave **propulzorima**?



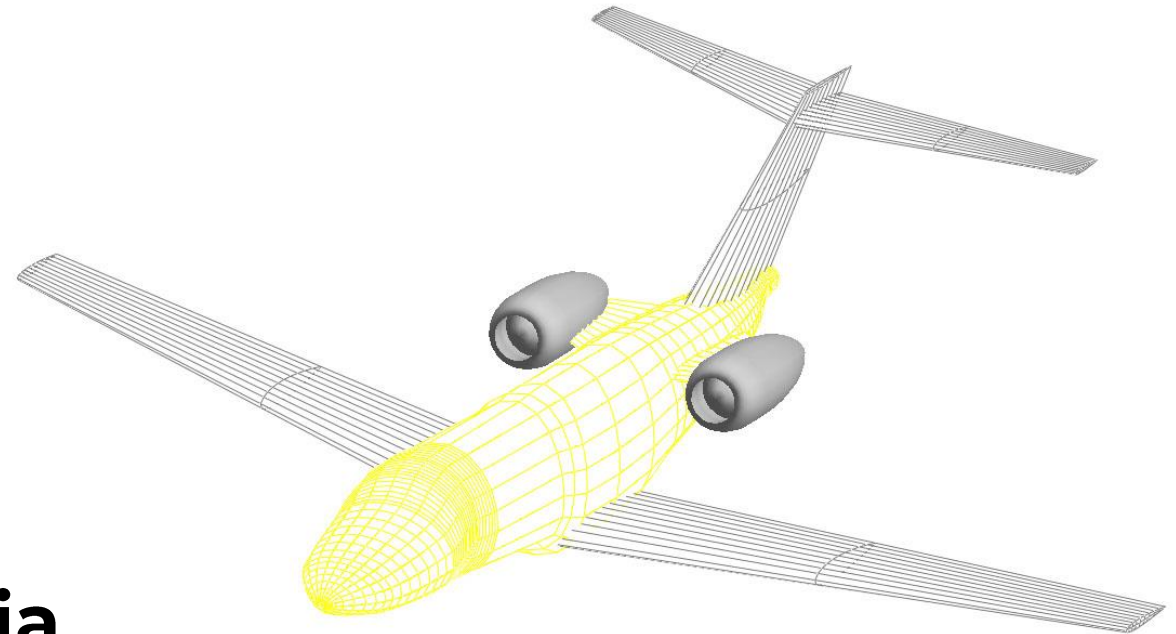
Tipovi motora

1. Motori SUS

2. Reaktivni motori

1. Mlazni
2. Motokompresorski
3. Raketni

3. Motori bez sagorevanja



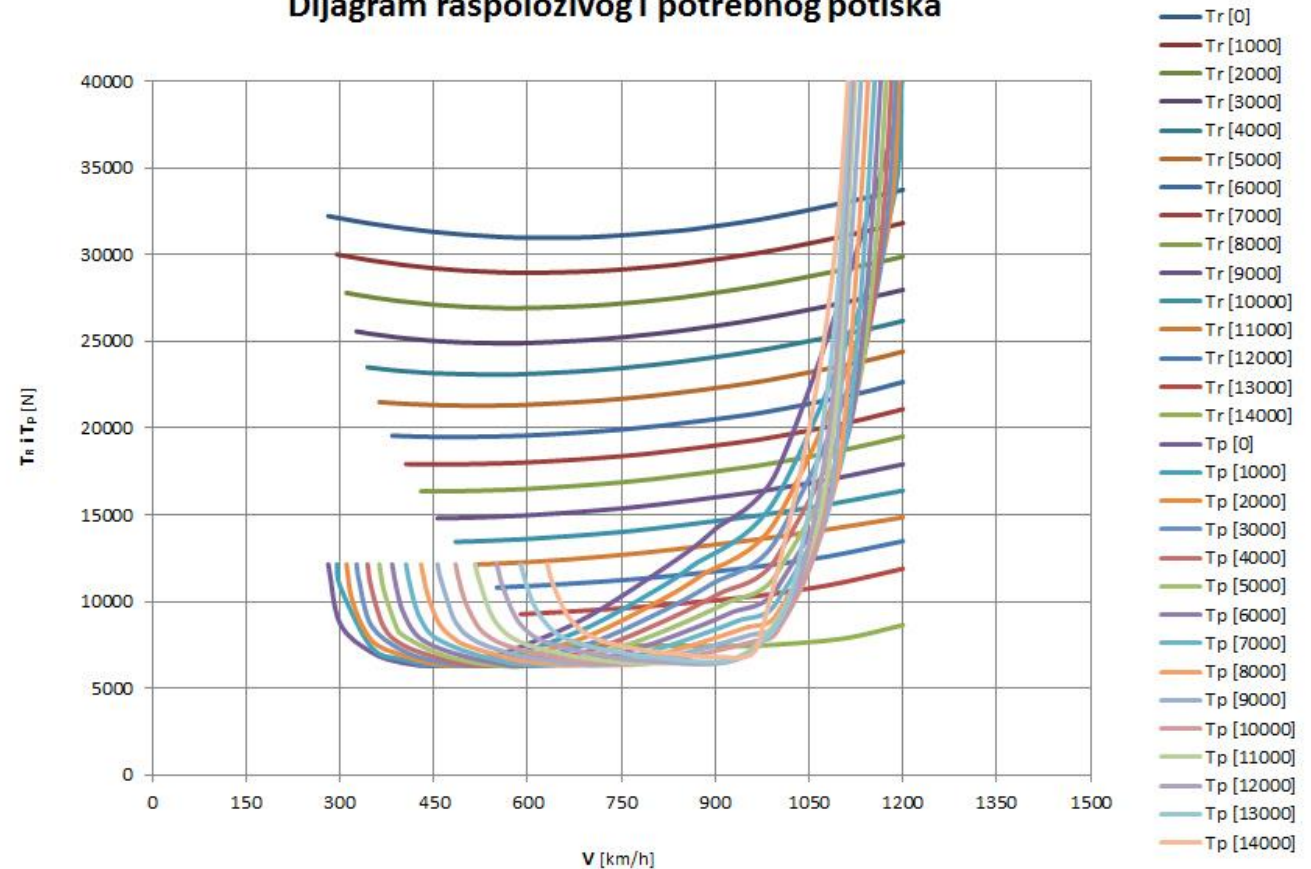
Šta možete da naučite?



Mlazni motor

- Uvodnik
- Kompresor
- Komora sagorevanja
- Turbina
- Mešač
- Mlaznik

Dijagram raspoloživog i potrebnog potiska



Šta možete da naučite?



Motor sa elisom

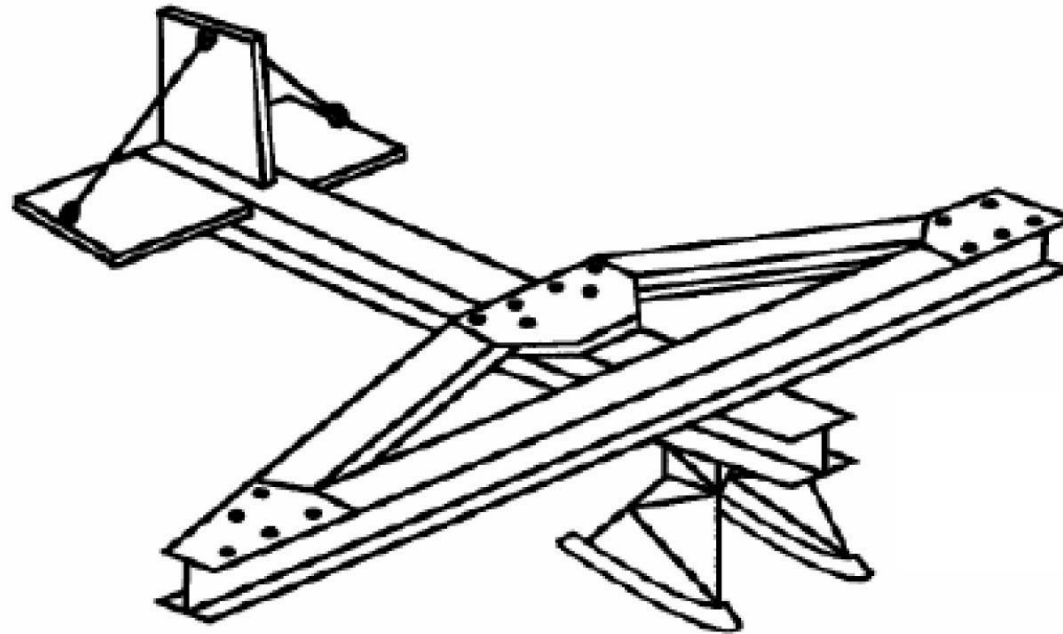
Rotor koji se obrće proizvodi silu uzgona dovoljnu da pobedi gravitaciju!



Šta možete da naučite?



Kako savršeni avion zamišljaju oni koji se bave **strukturuom**?

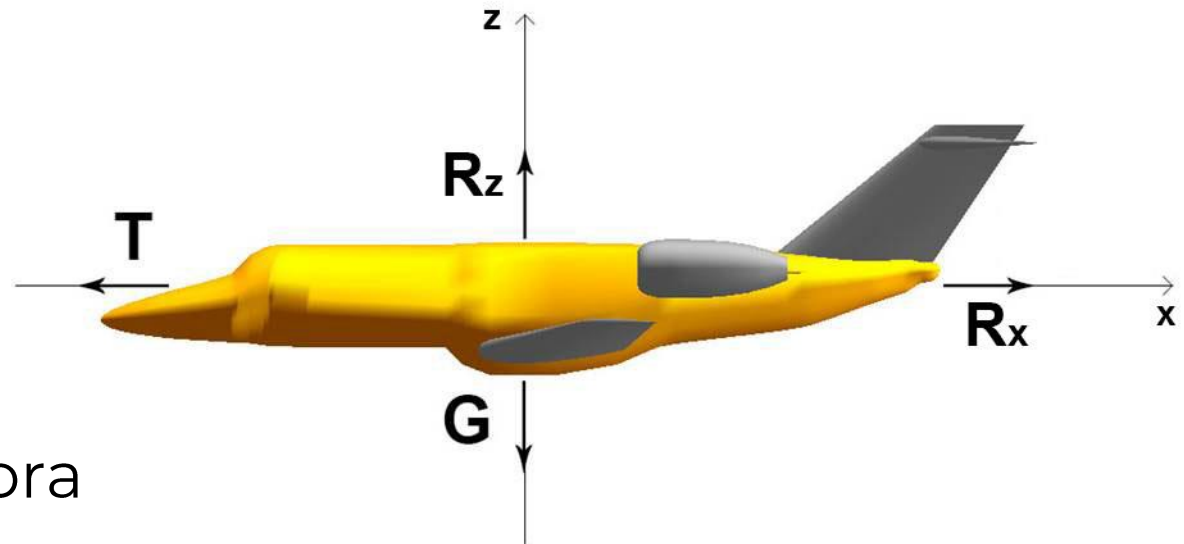


Šta možete da naučite?



Tipovi sila

- Aerodinamičke sile
- Inercijalne sile
- Udarne sile
- Sile nastale usled rada motora

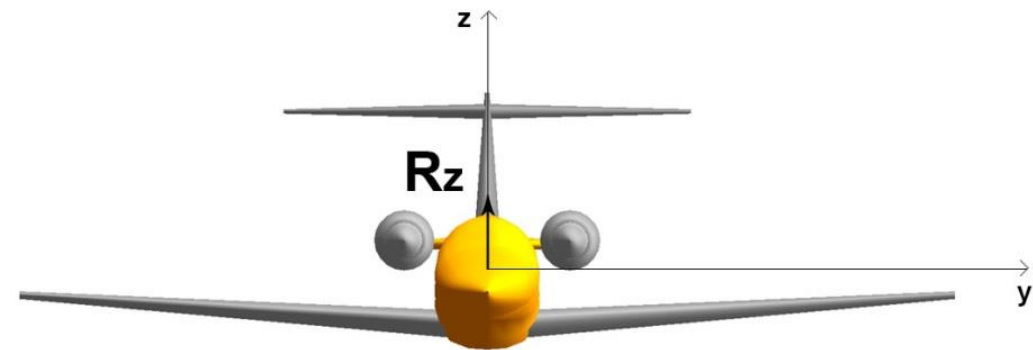
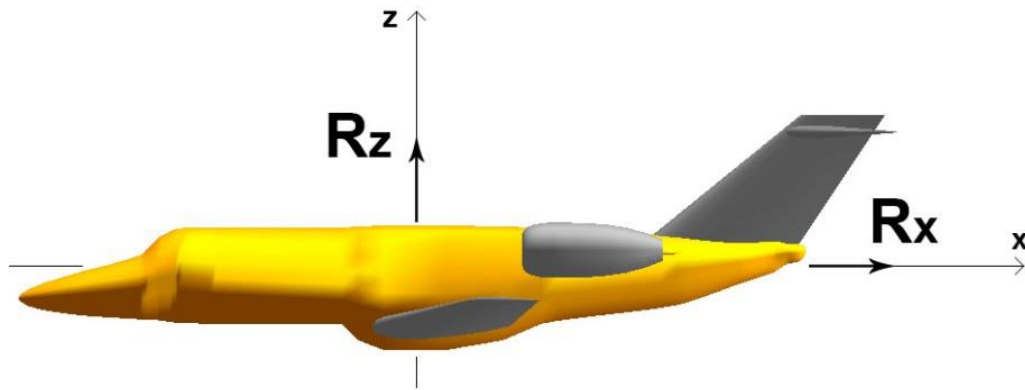


Šta možete da naučite?

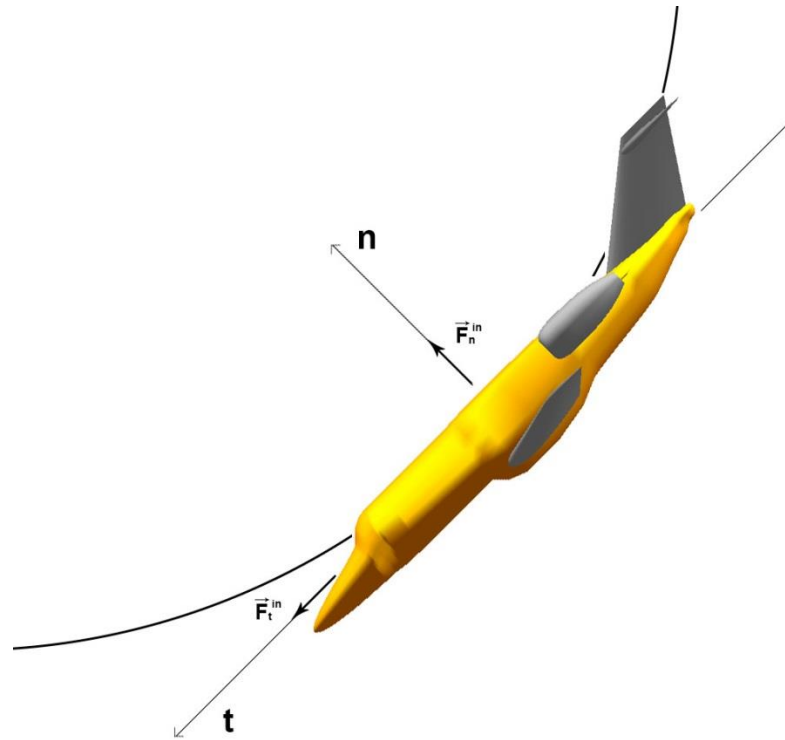


Aerodinamička sila

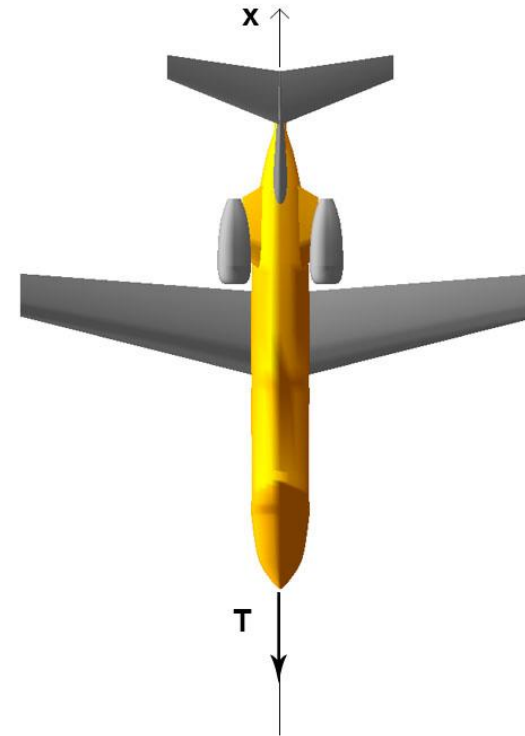
Usvajamo da letelica „**visi**“ u vazduhu dok se on oko nje kreće.



Šta možete da naučite?



Intercijalne sile



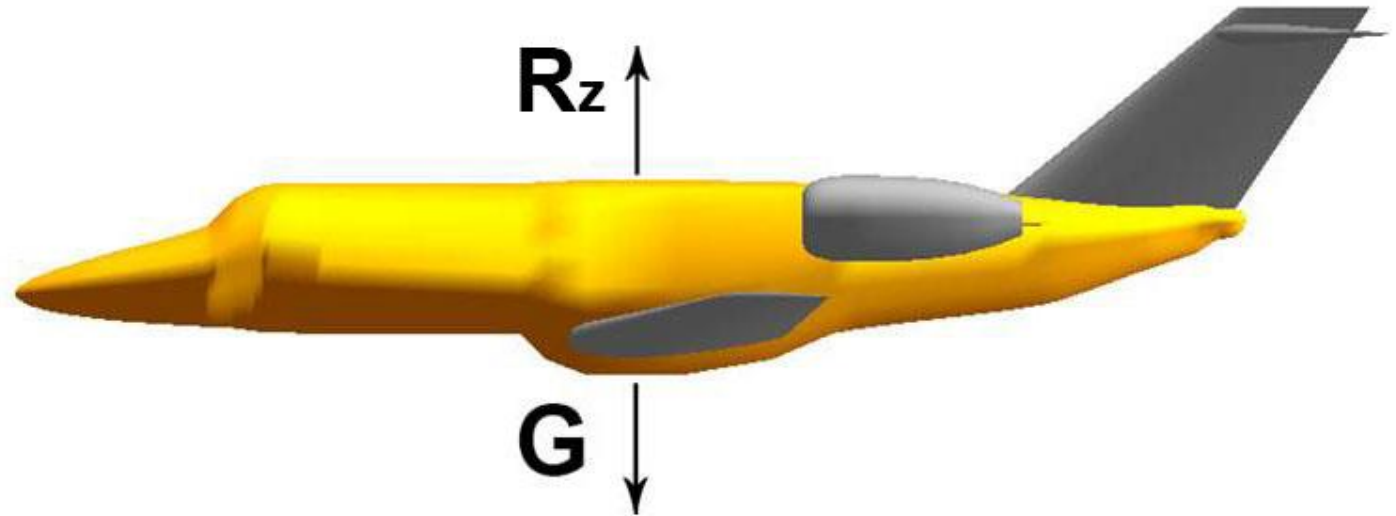
Sile nastale kao posledice motora

Šta možete da naučite?



Koeficijent opterećenja - n

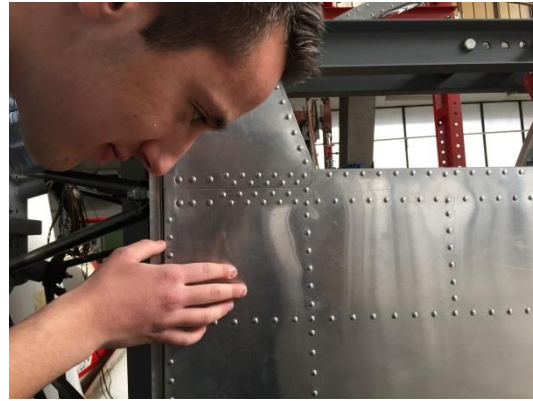
$$n = \frac{R_z}{G}$$



Šta možete da naučite?



Delovi strukture



Oplata



Rebra



Uzdužnici

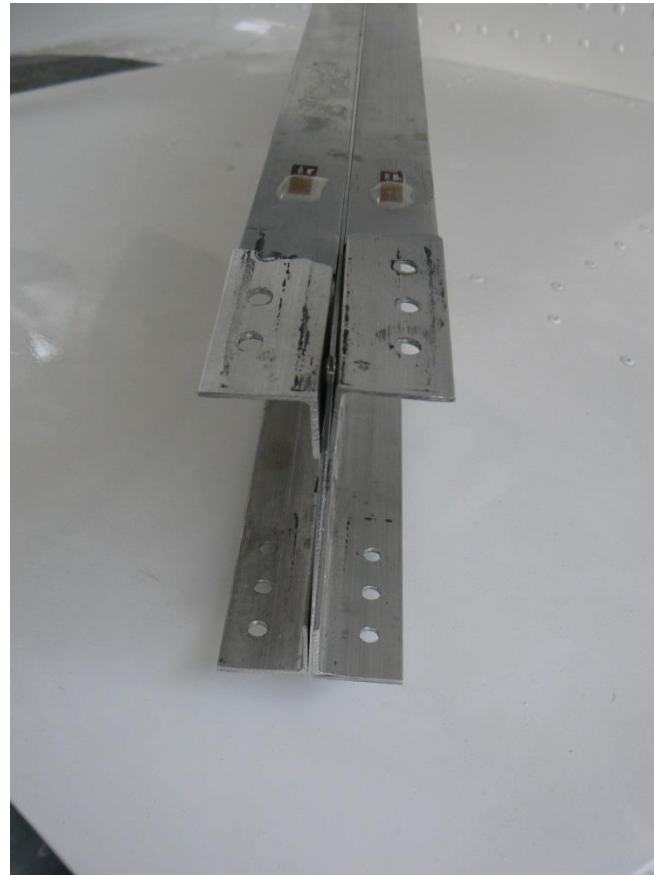
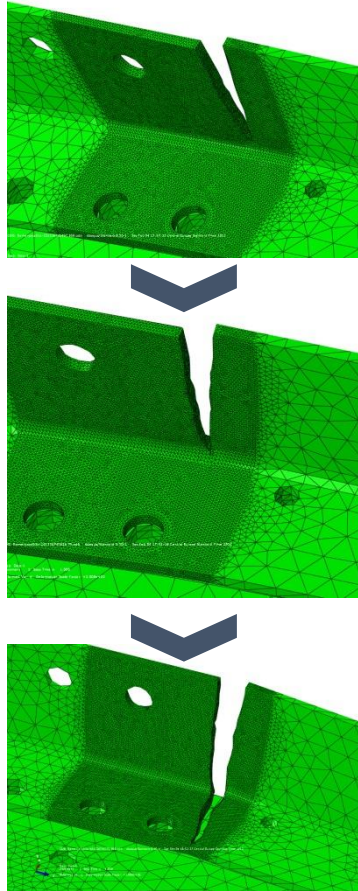


Okviri trupa

Šta možete da naučite?



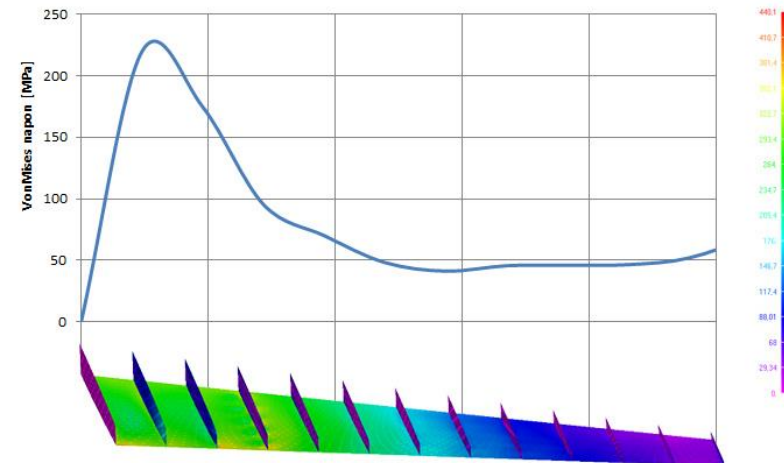
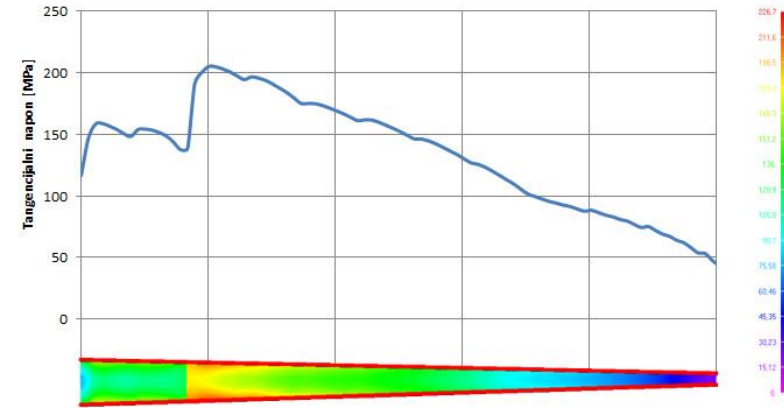
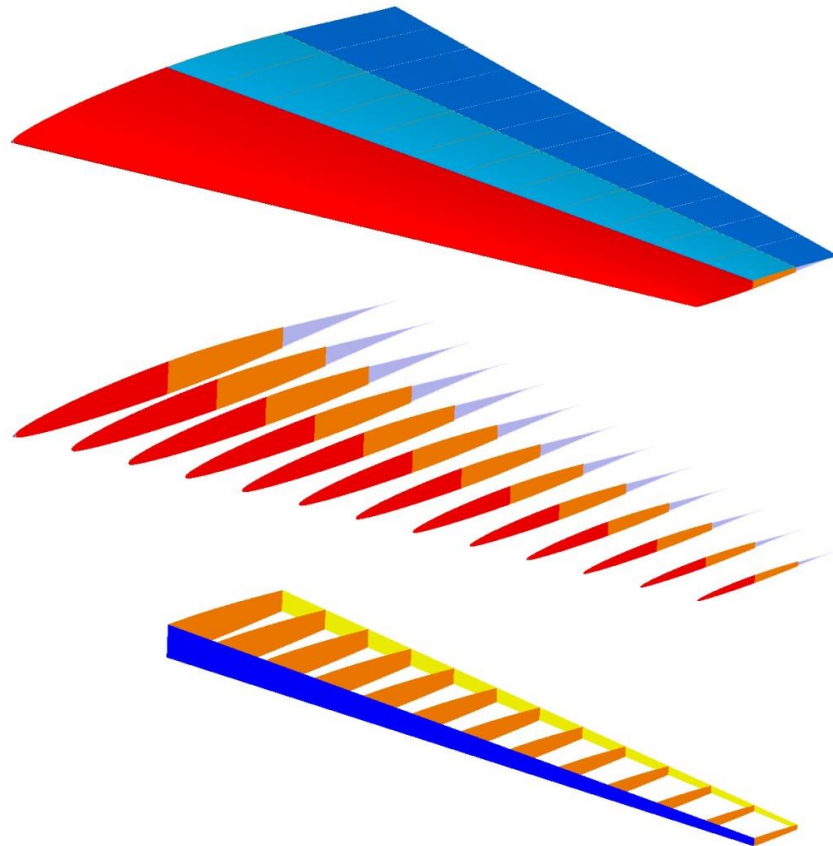
Zamor



Šta možete da naučite?



Metod konačnih elemenata



Šta možete da naučite?

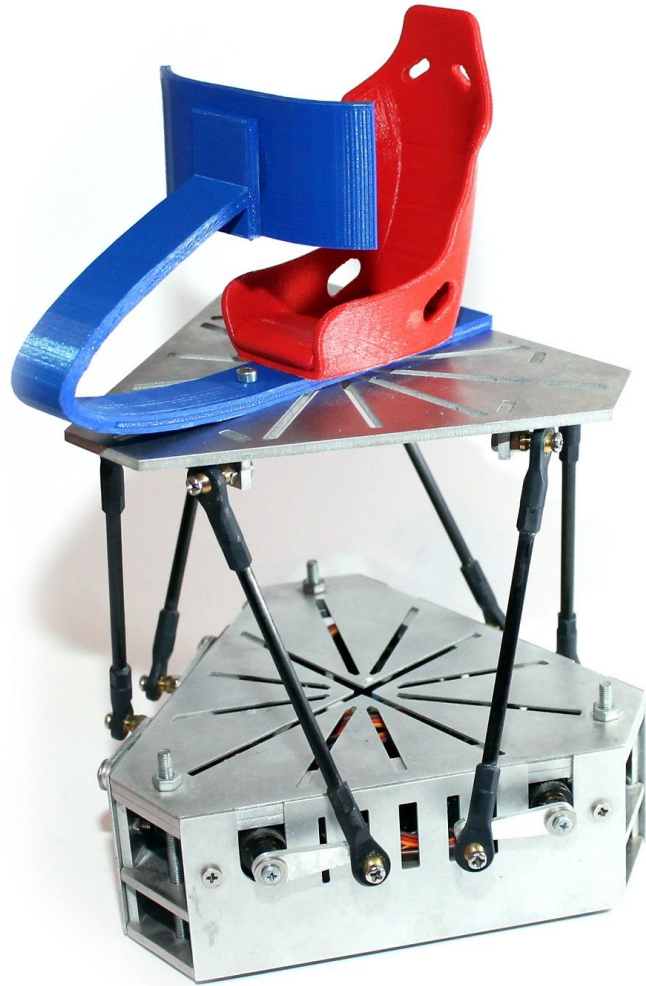


Isak Njutn (sir Isaac Newton)

$$R_n = \rho S v^2 \sin^2 \alpha$$

Za let bi bila potrebna prevelika površina ploče S , koja bi sama po sebi bila preteška da je sila R_n održava u vazhudu, iz čega sledi da je **letenje letelica težih od vazduha nemoguće!**

Primeri studentskih radova



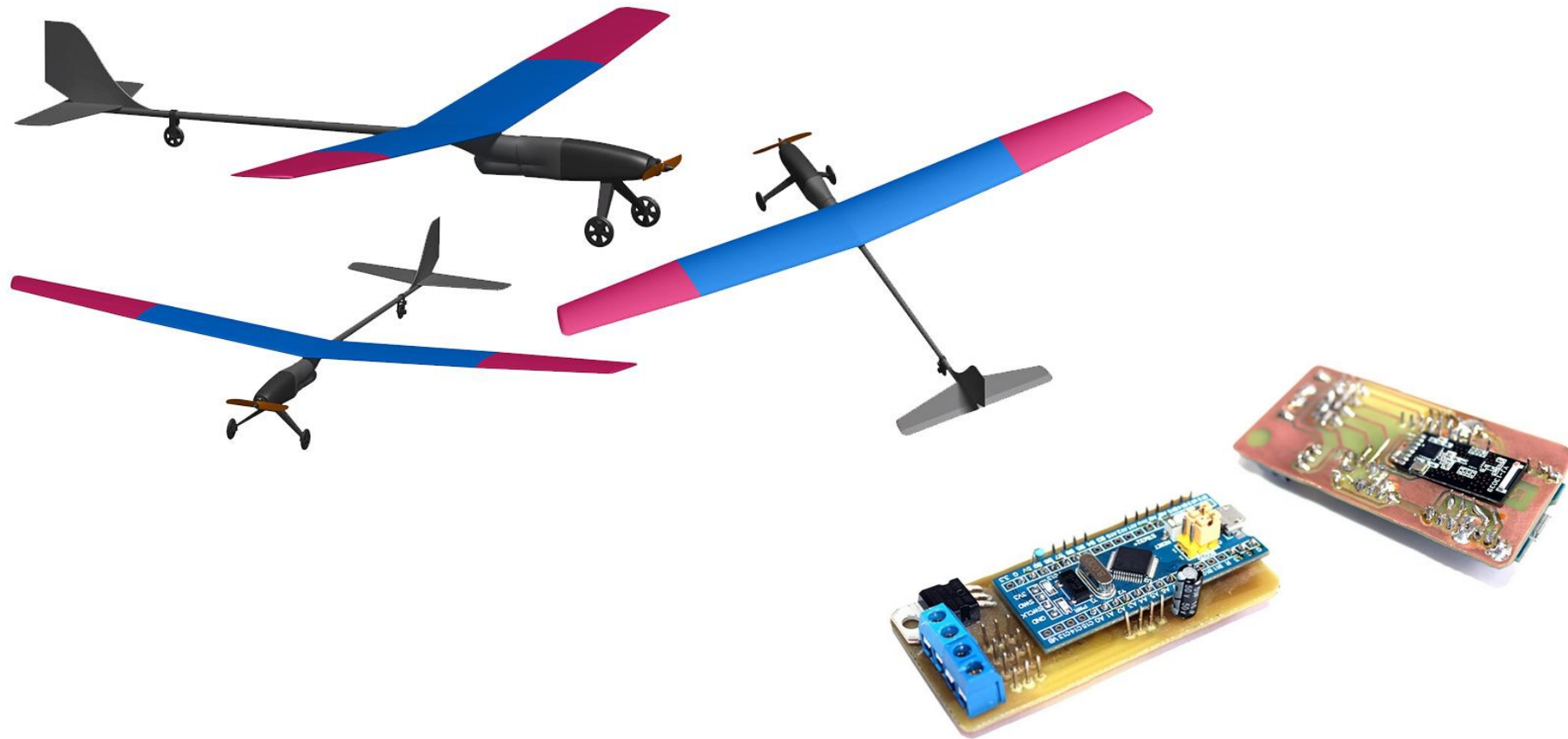
Raketoplan



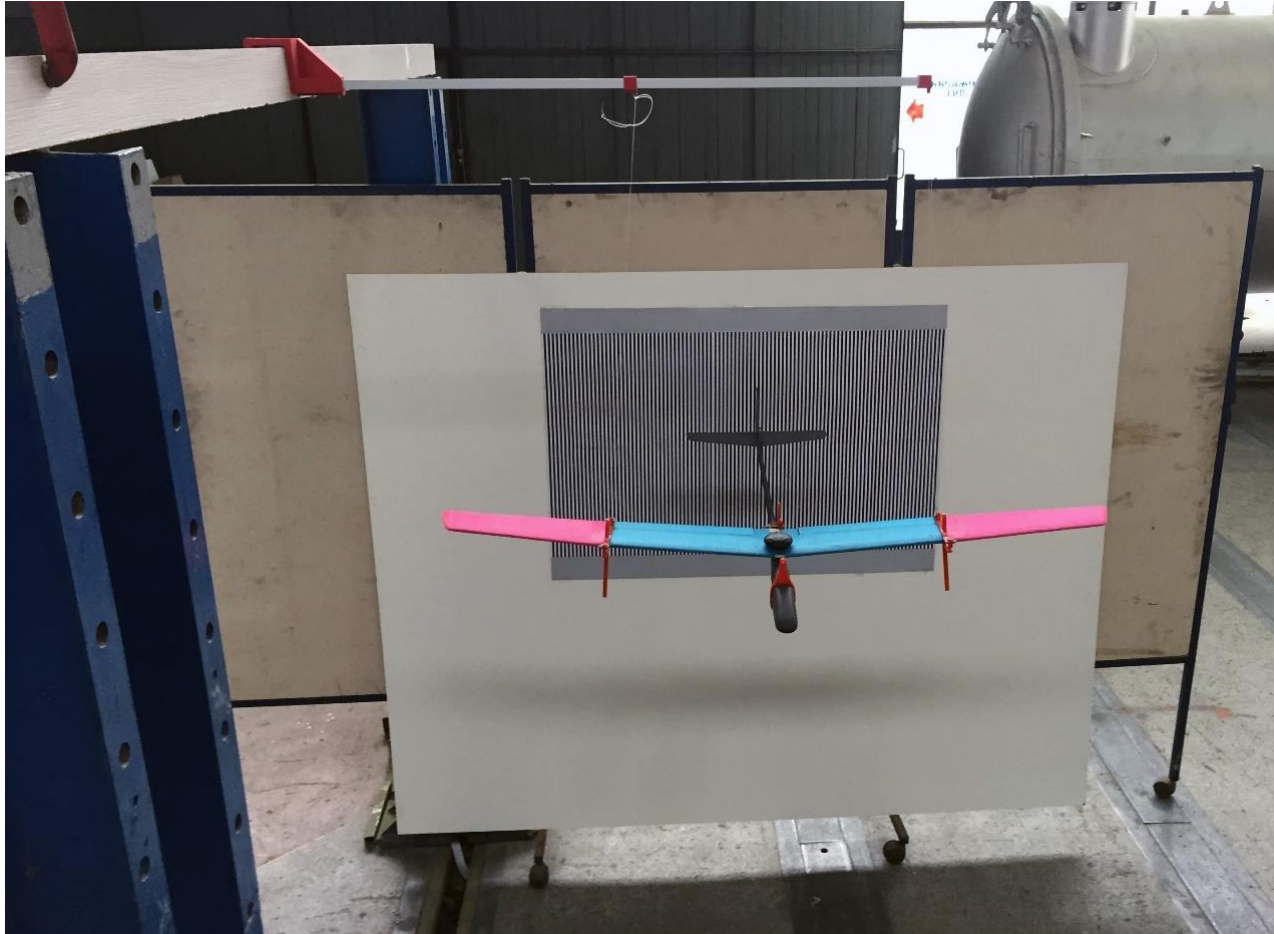
Raketoplan sa elektronikom



Električna bespilotna letelica sa fiksnim krilom

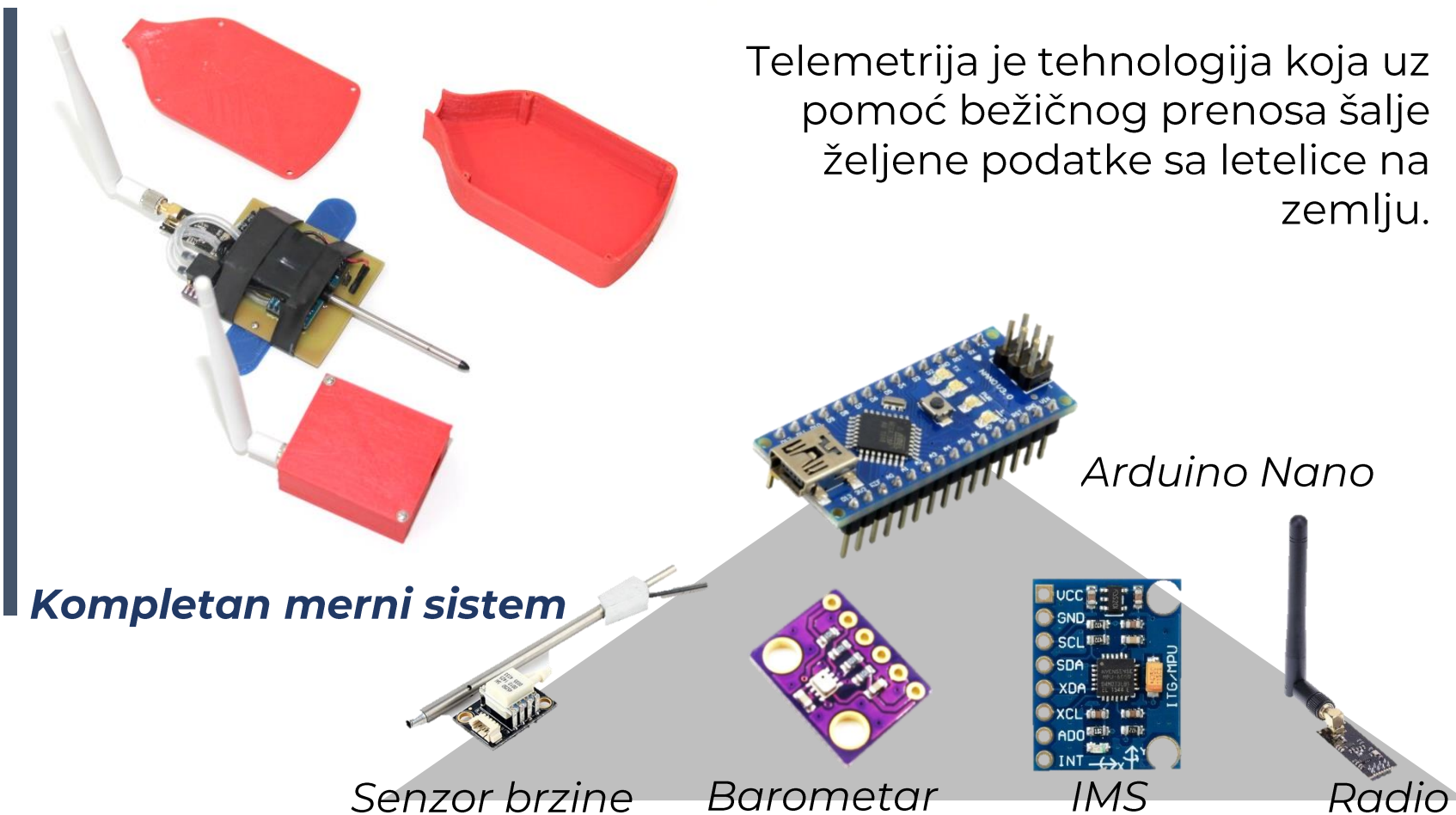


Ispitivanje momenta inercije

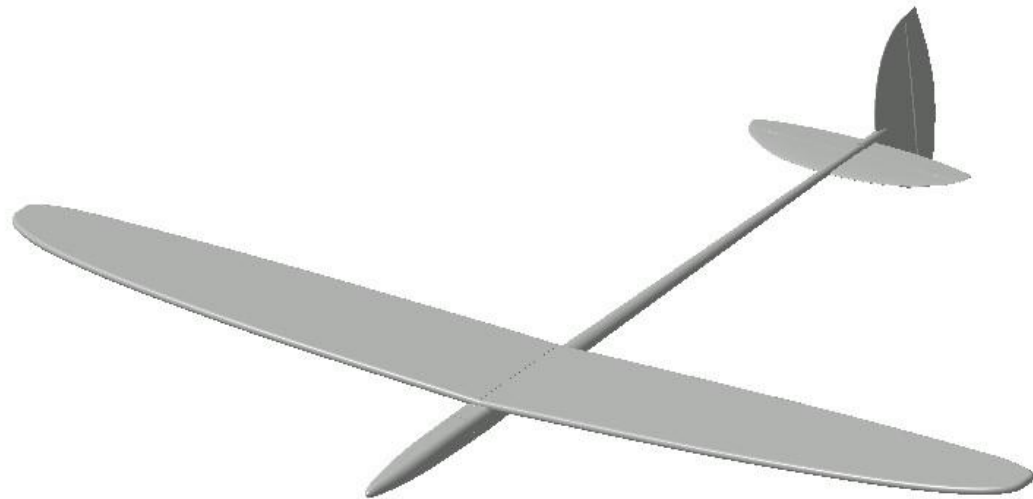


Telemetrija

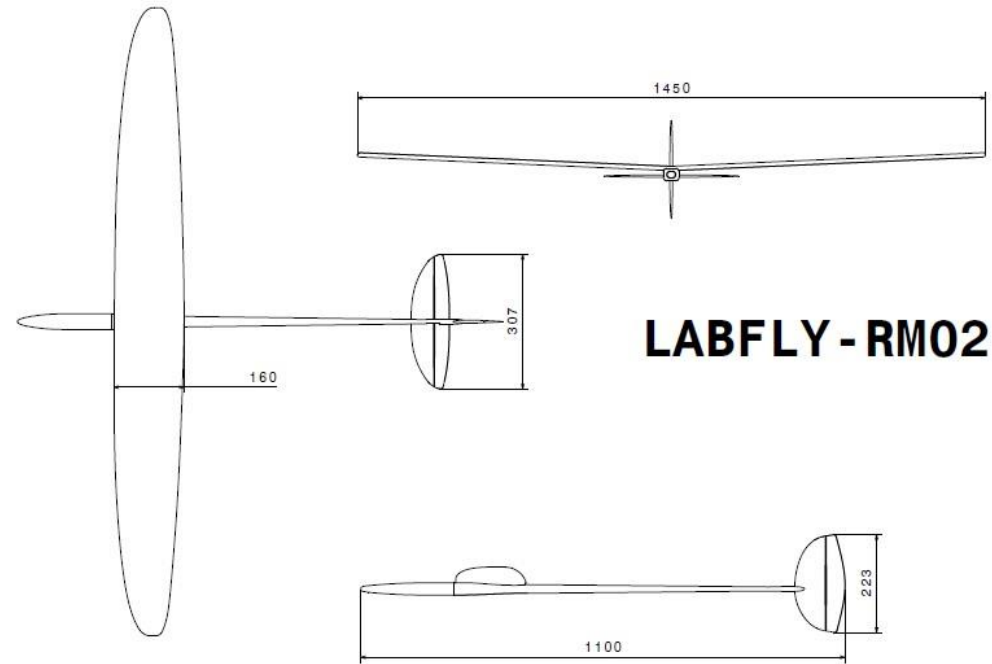
Telemetrija je tehnologija koja uz pomoć bežičnog prenosa šalje željene podatke sa letelice na zemlju.



Primeri studentskih radova

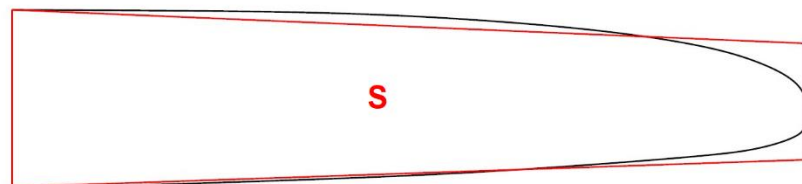


3D model konceptualnog dizajna



LABFLY - RM02

Aerodinamika krila



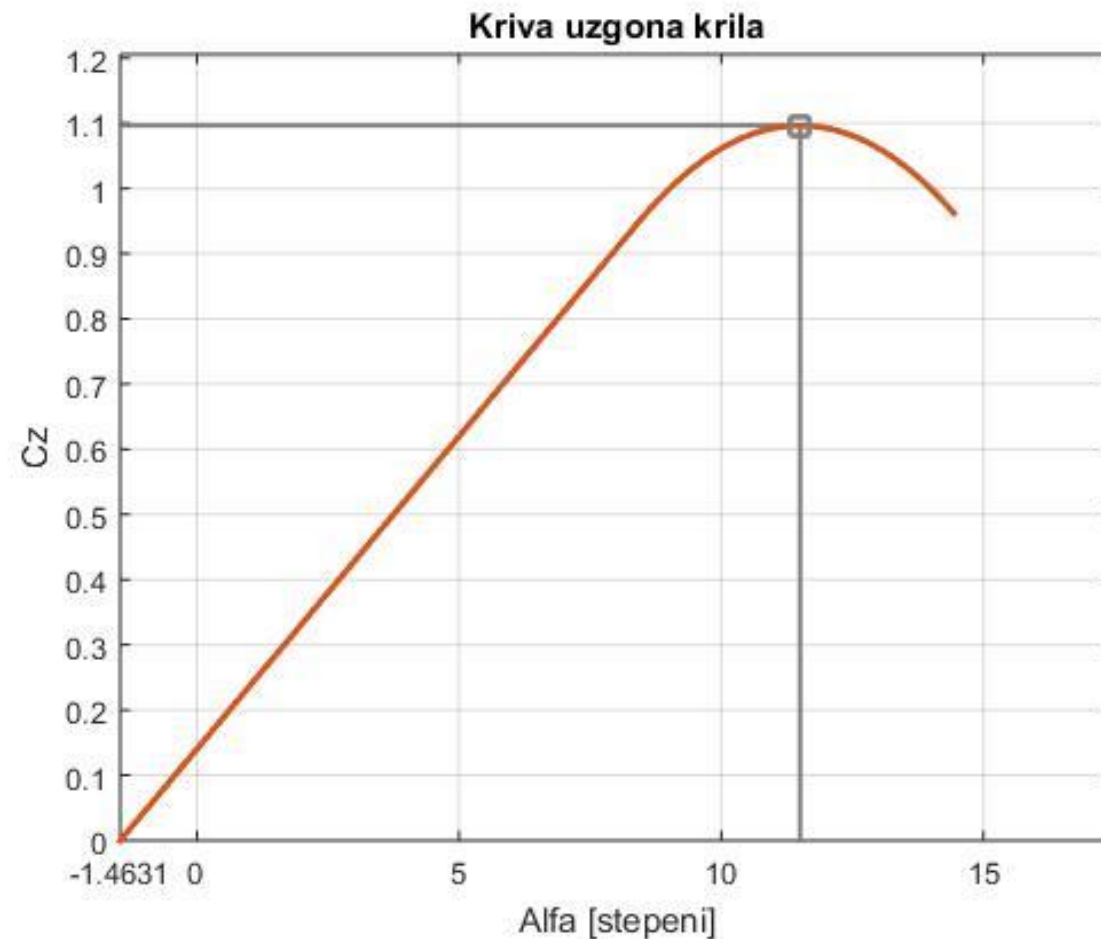
Proračunsko krilo



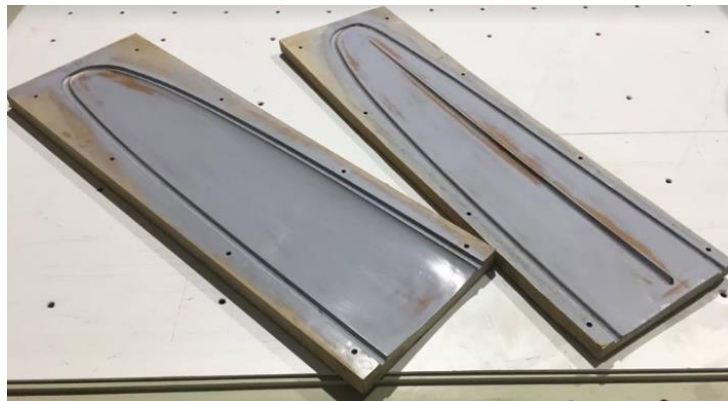
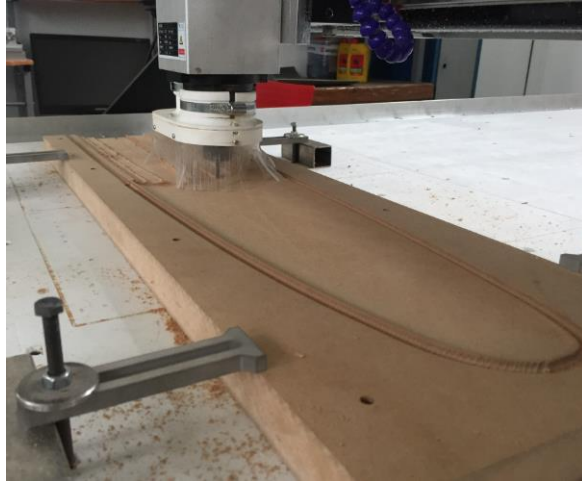
Aeroprofil u korenu: AG24



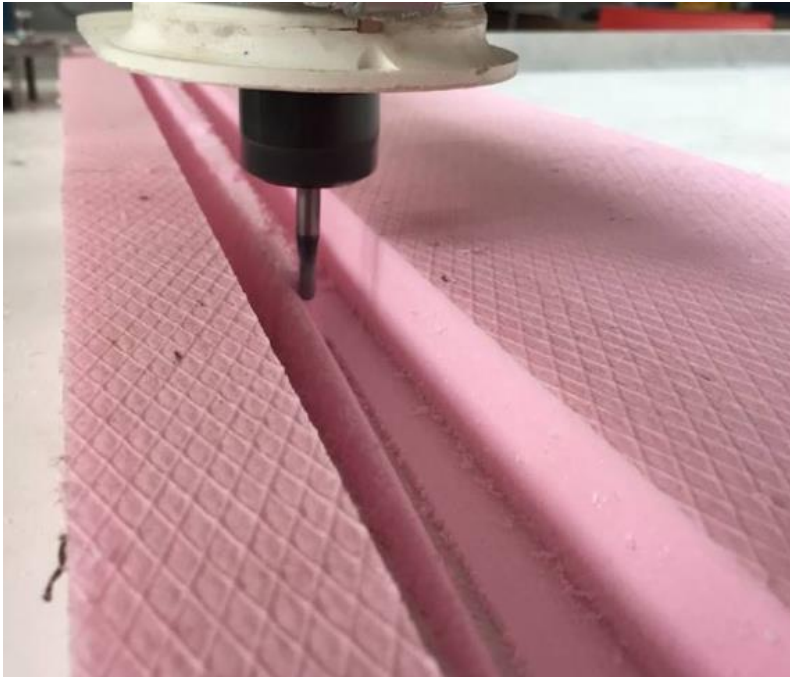
Aeroprofil na kraju: AG25



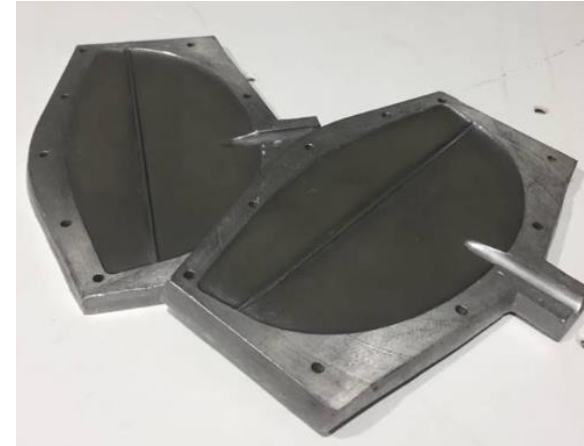
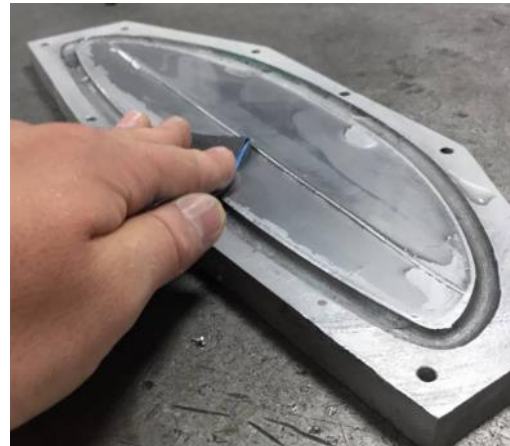
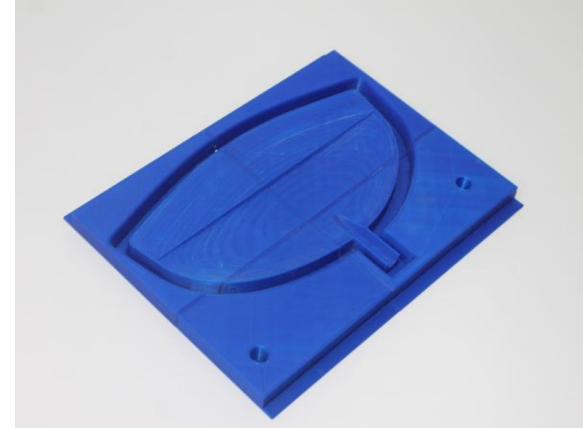
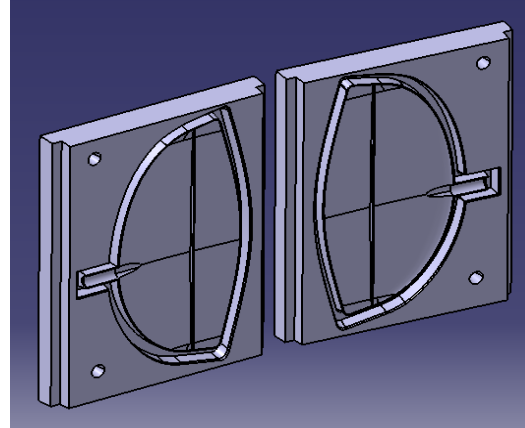
Krilo



Krilo



Horizontalni i vertikalni rep



Horizontalni i vertikalni rep

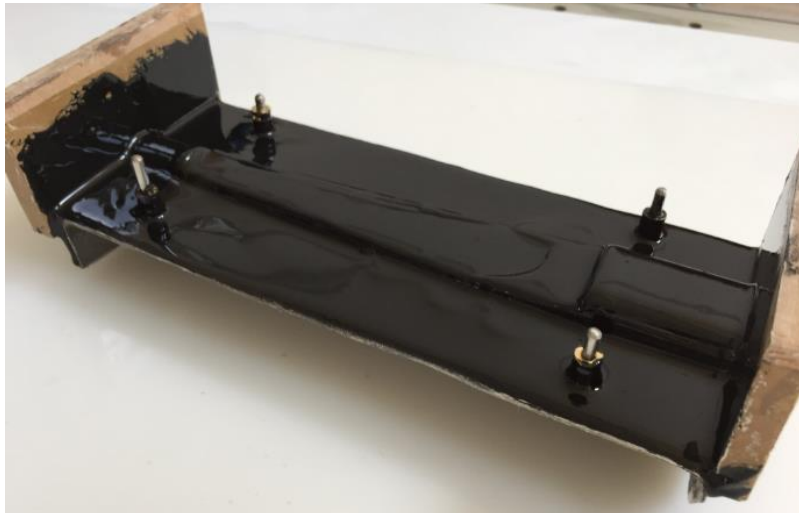
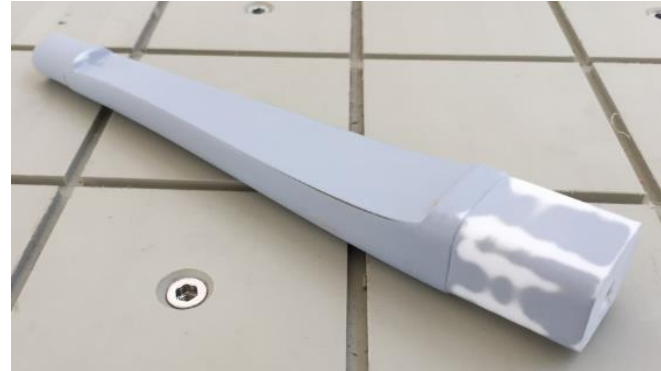


Horizontalni i vertikalni rep

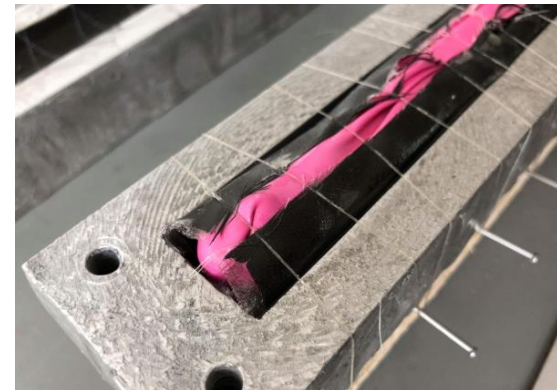


VAZDUHOPLOVSTVO

Trup



Trup



Trup



VAZDUHOPLOVSTVO

Primeri studentskih radova



VAZDUHOPLOVSTVO

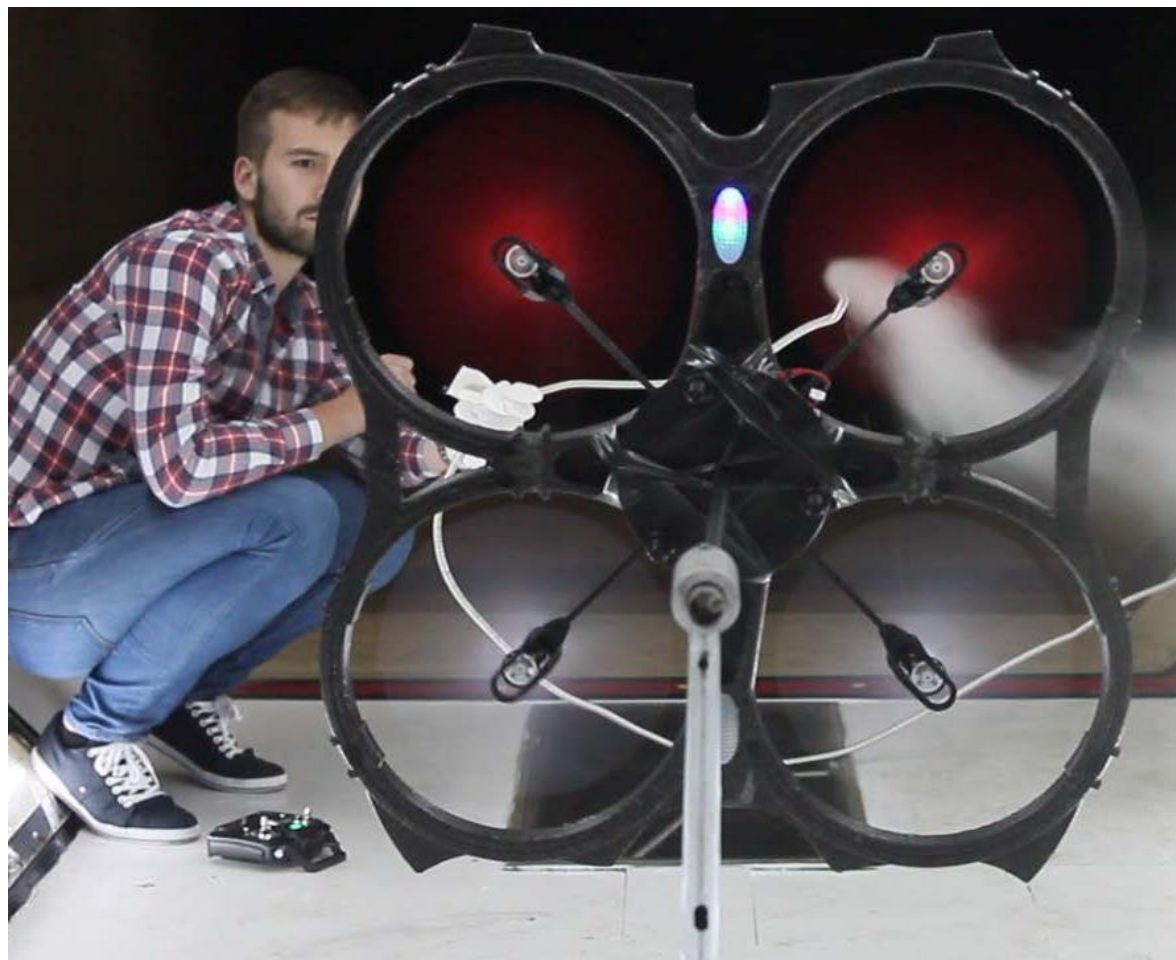
Primeri studentskih radova



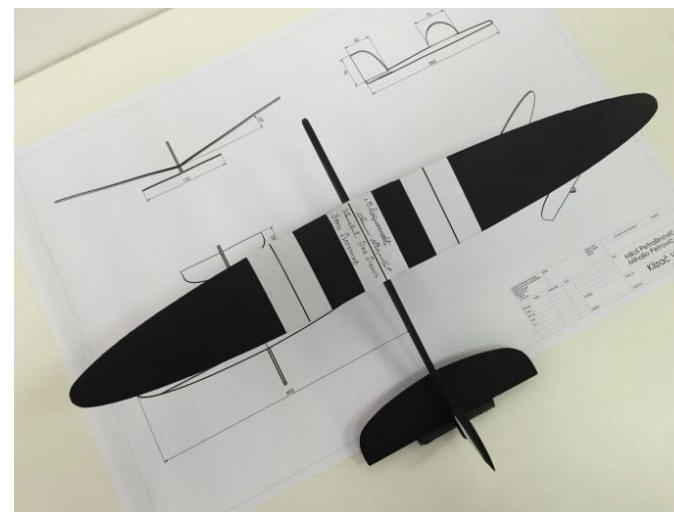
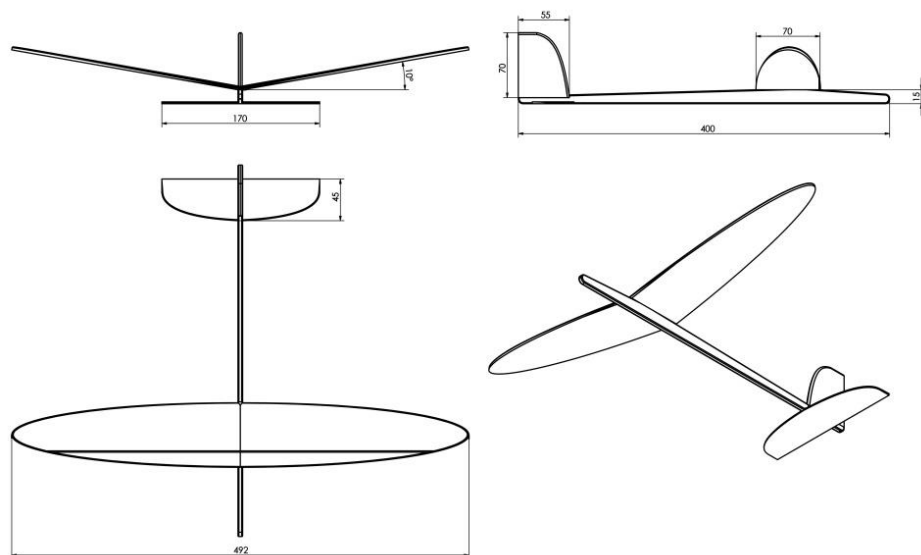
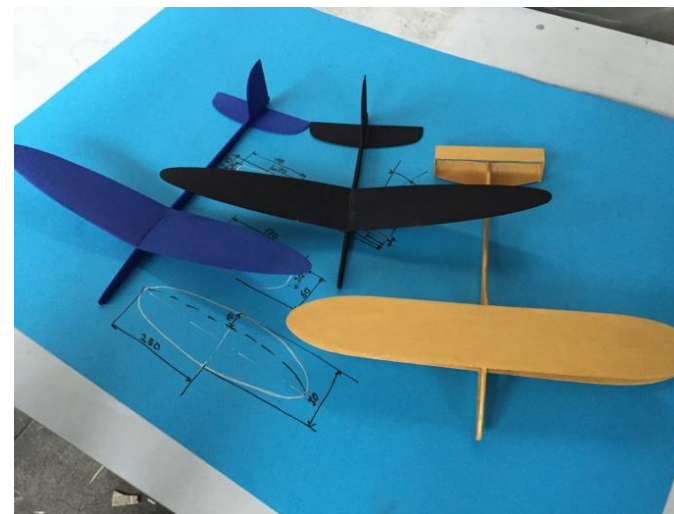
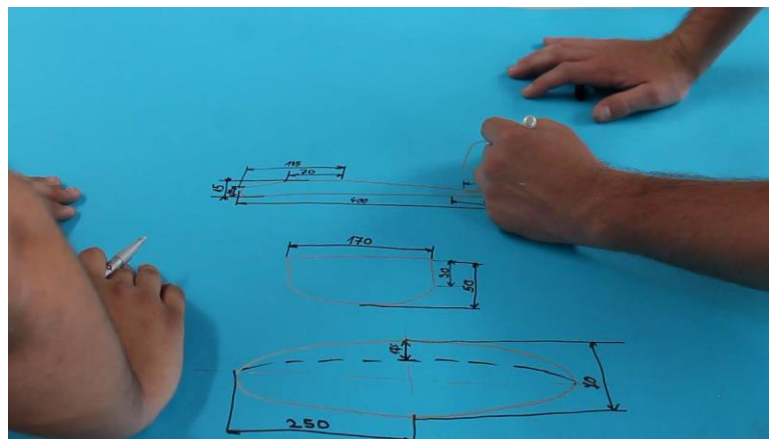
Primeri studentskih radova



Primeri studentskih radova

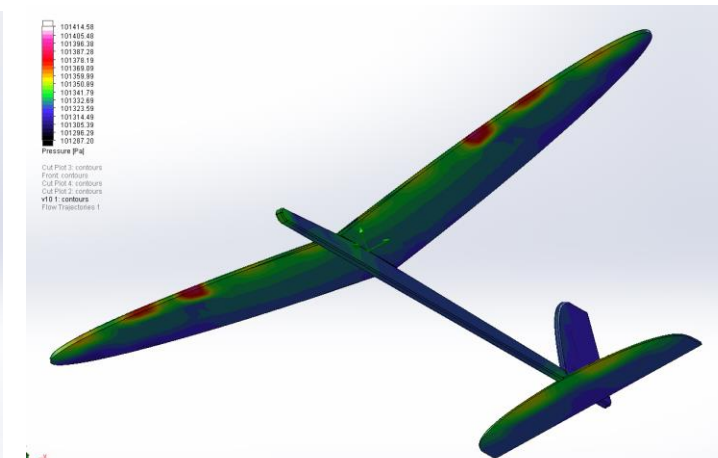
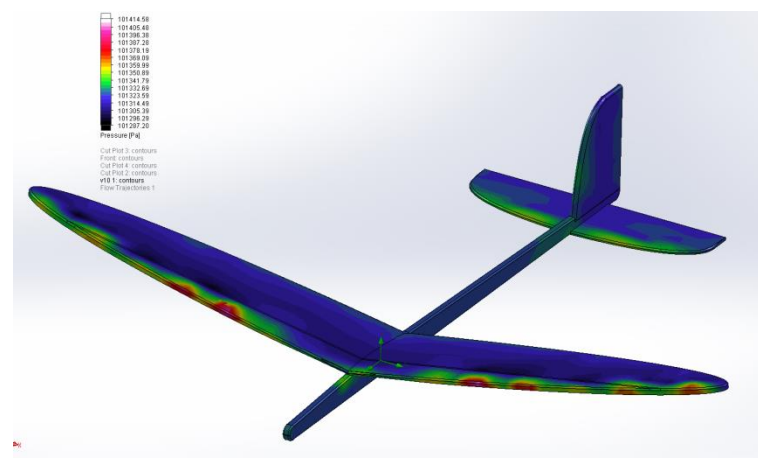
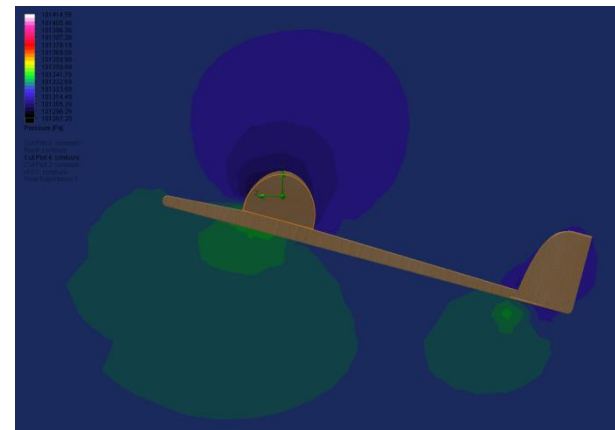


Primeri studentskih radova

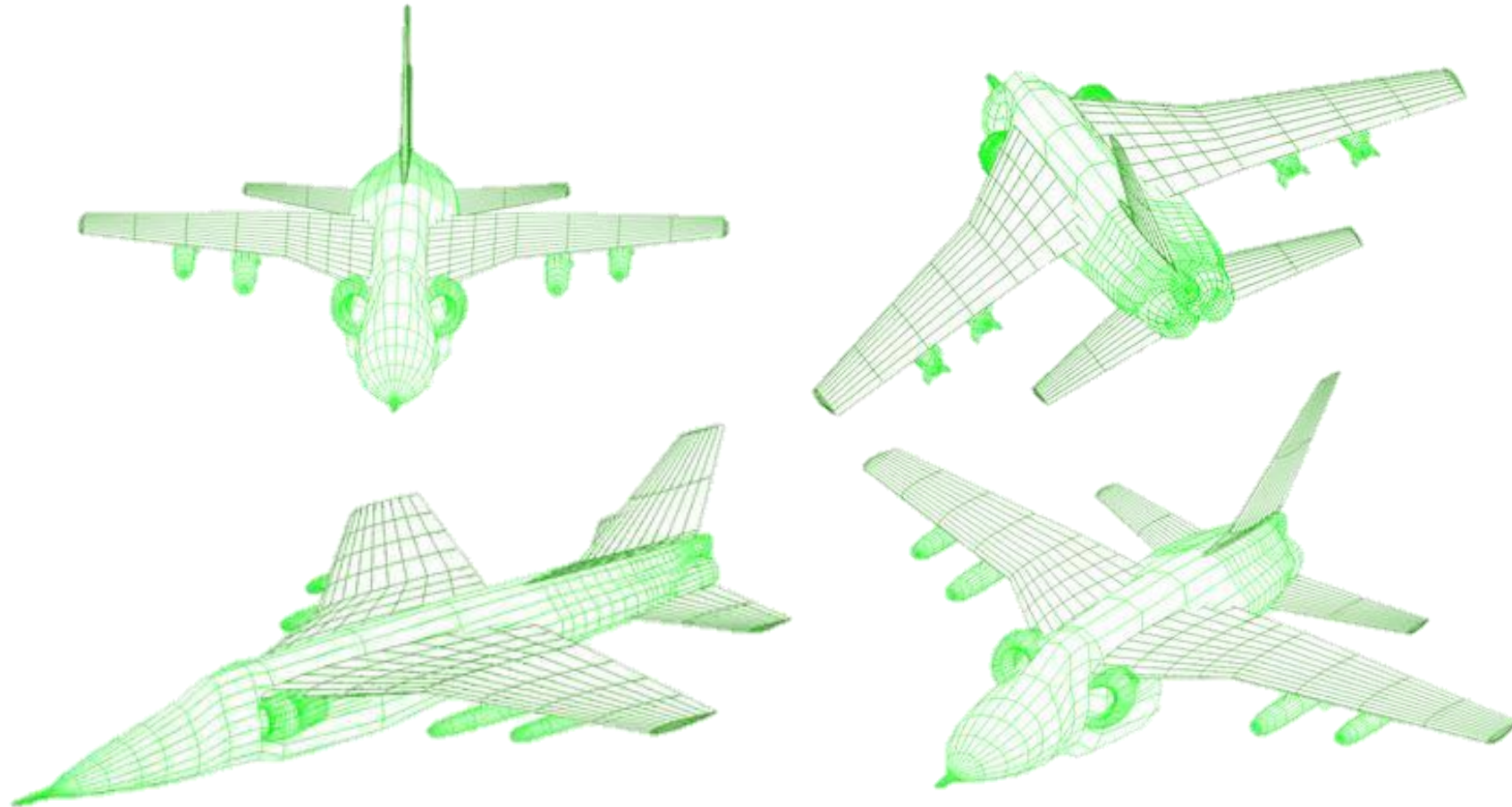


VAZDUHOPLOVSTVO

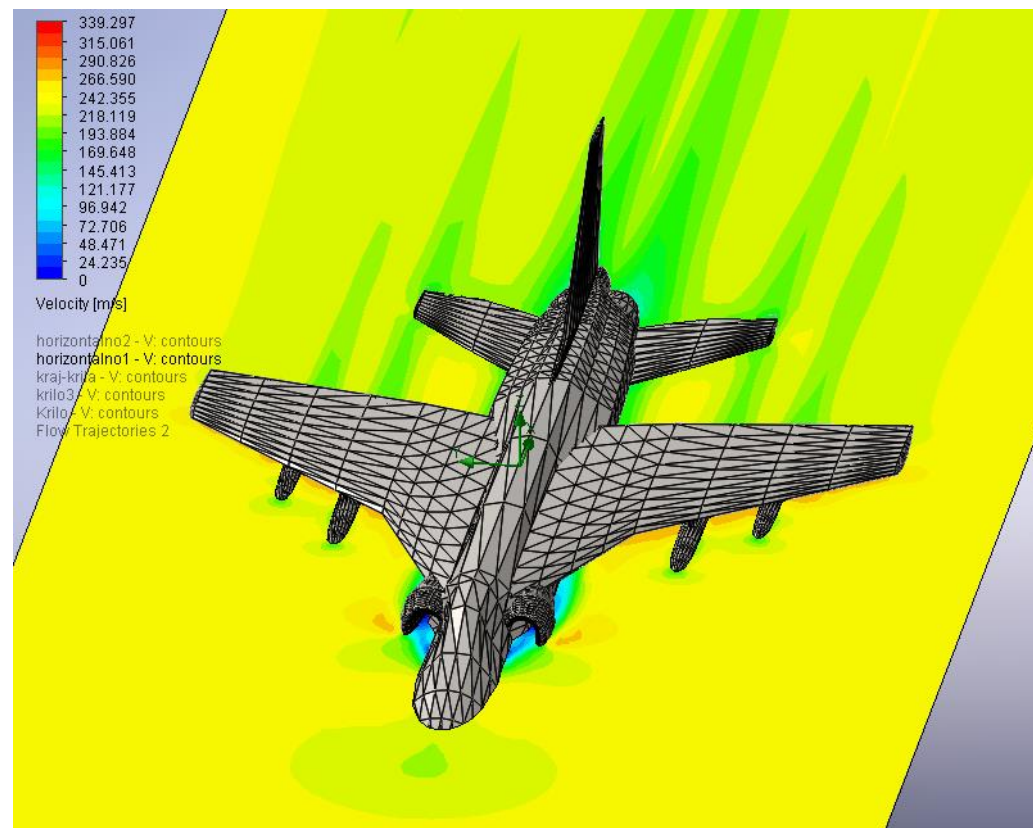
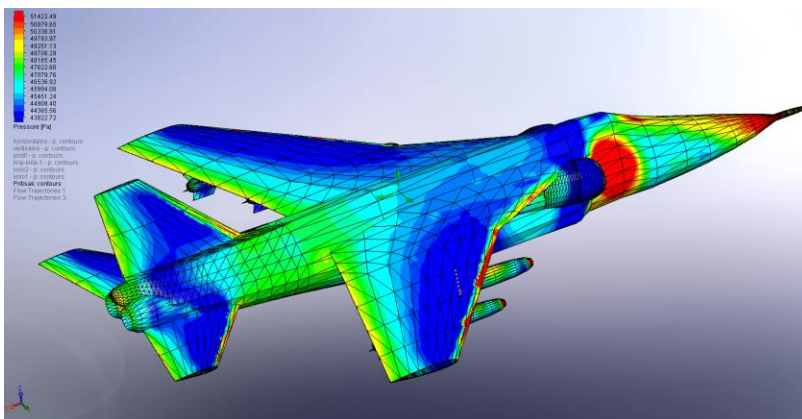
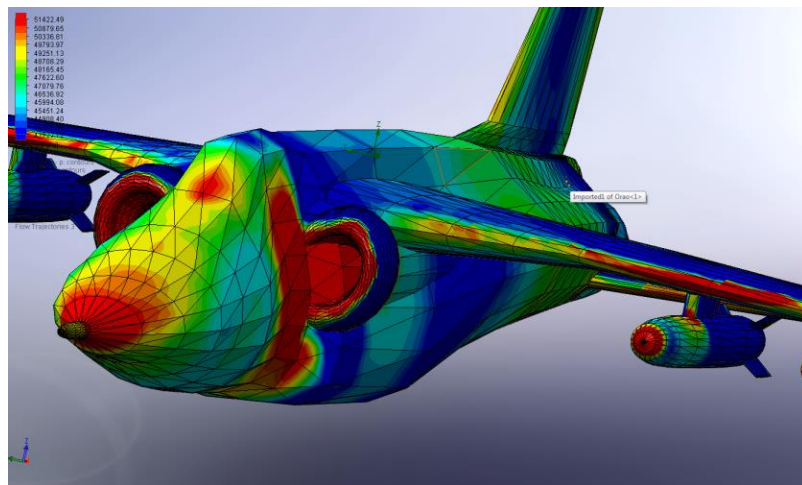
Primeri studentskih radova



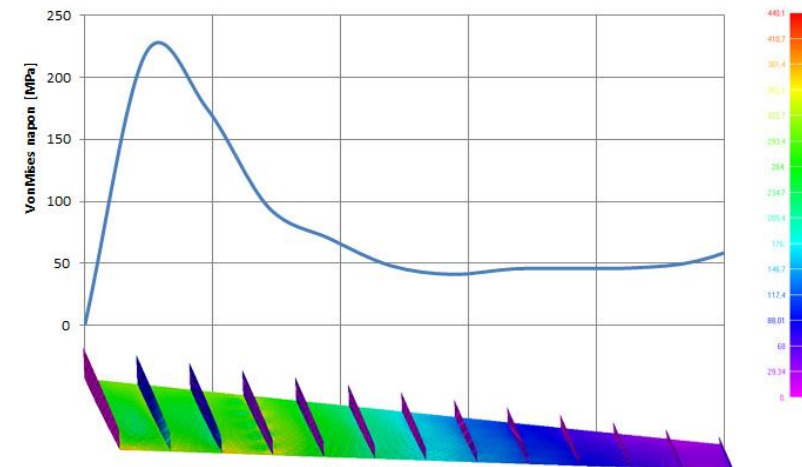
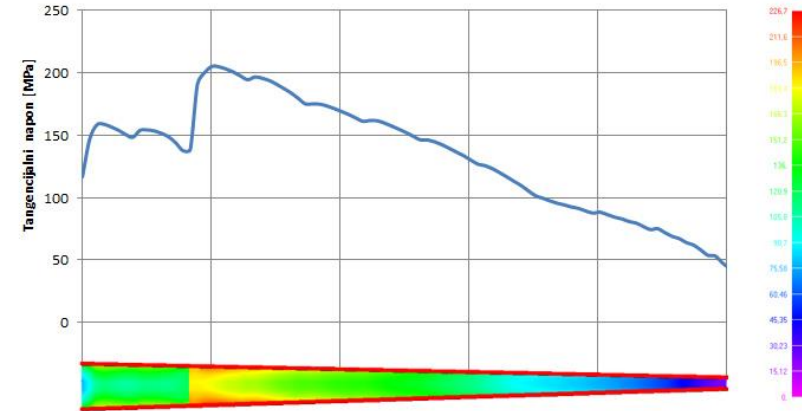
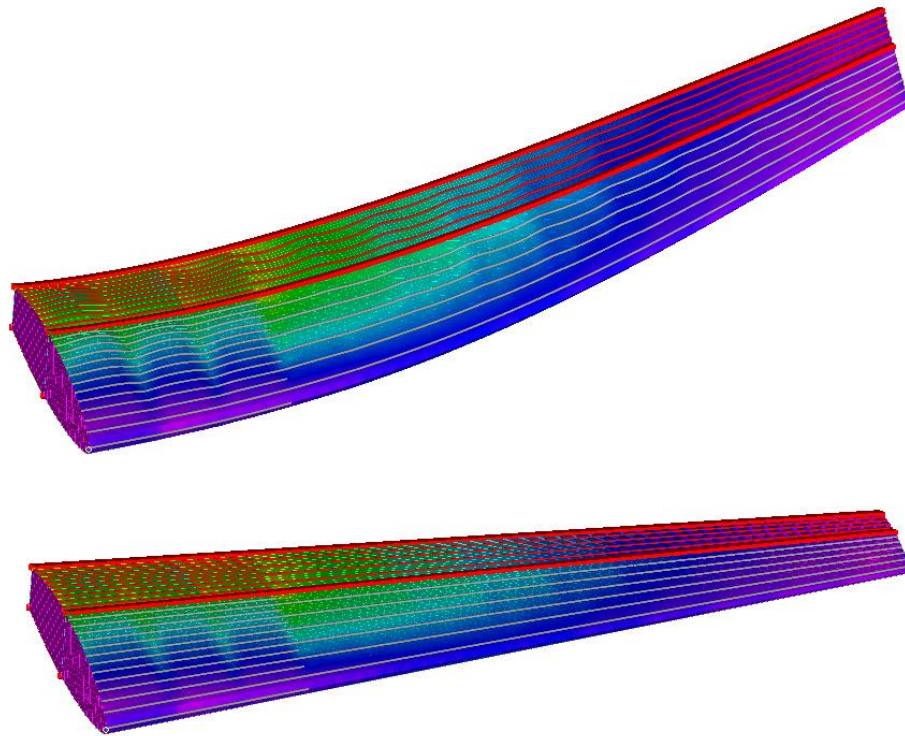
Osnovi aerotehnike



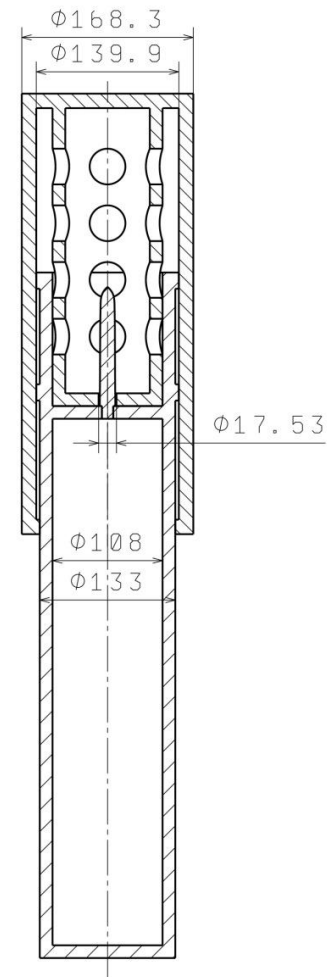
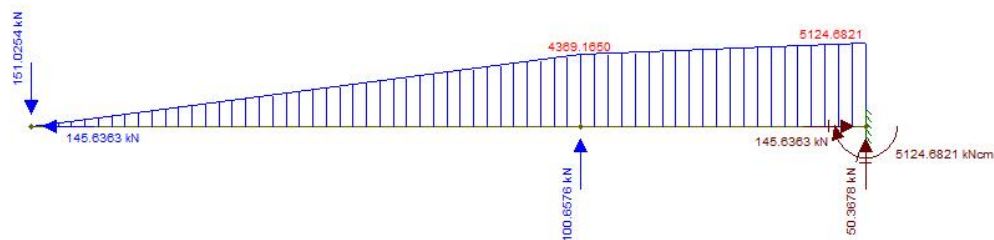
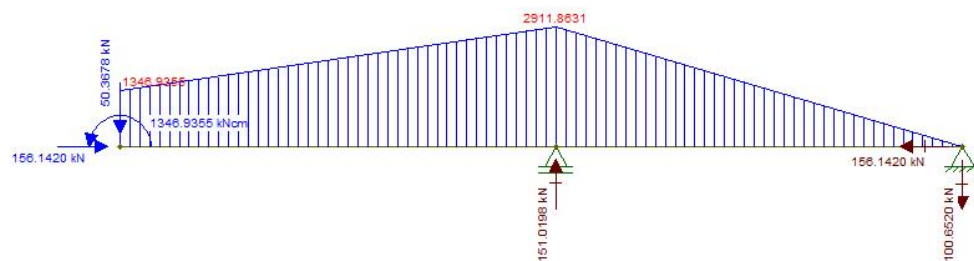
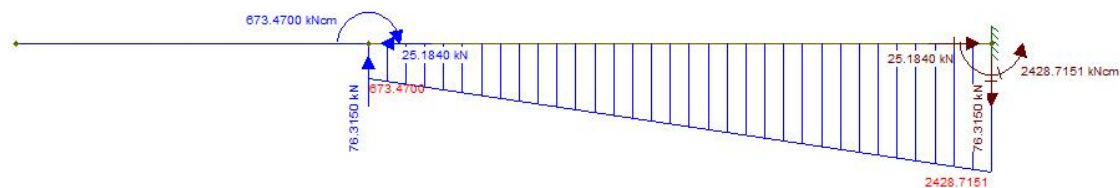
Primenjena aerodinamika



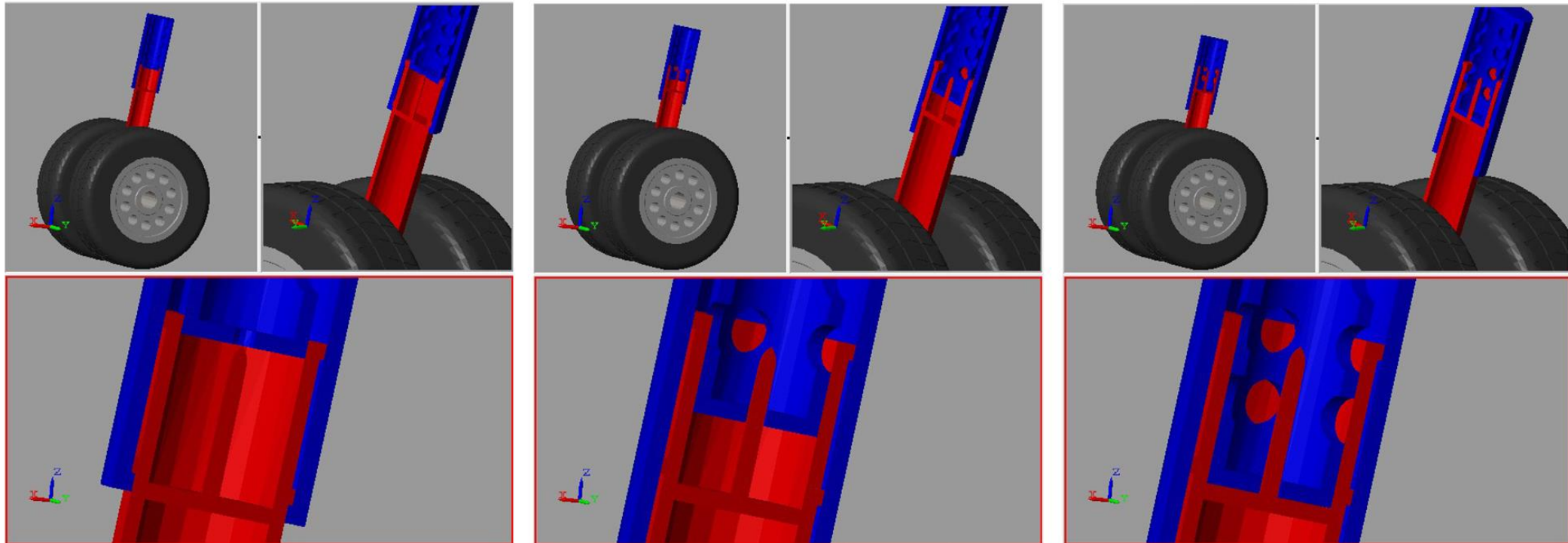
Teorija elastičnosti



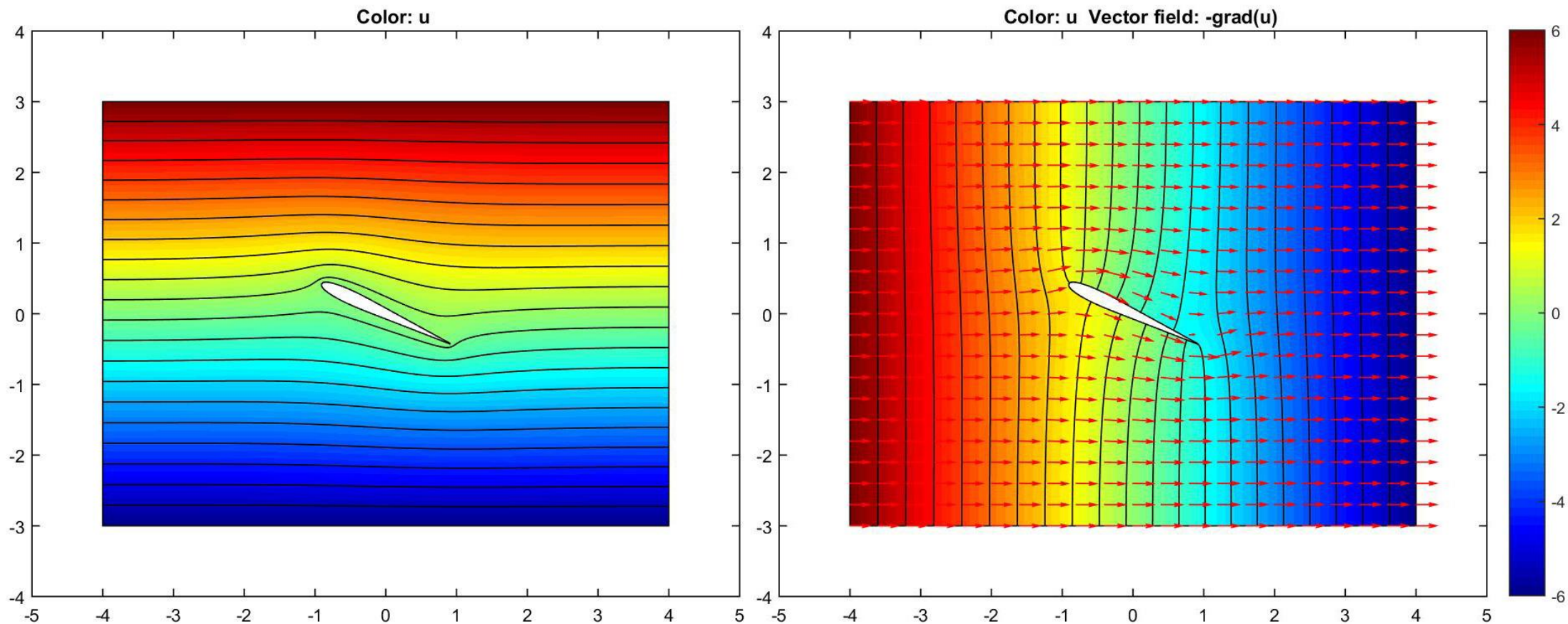
Projektovanje strukture letelica



Projektovanje strukture letelica



Proračunska aerodinamika



Helikopteri



Helikopteri

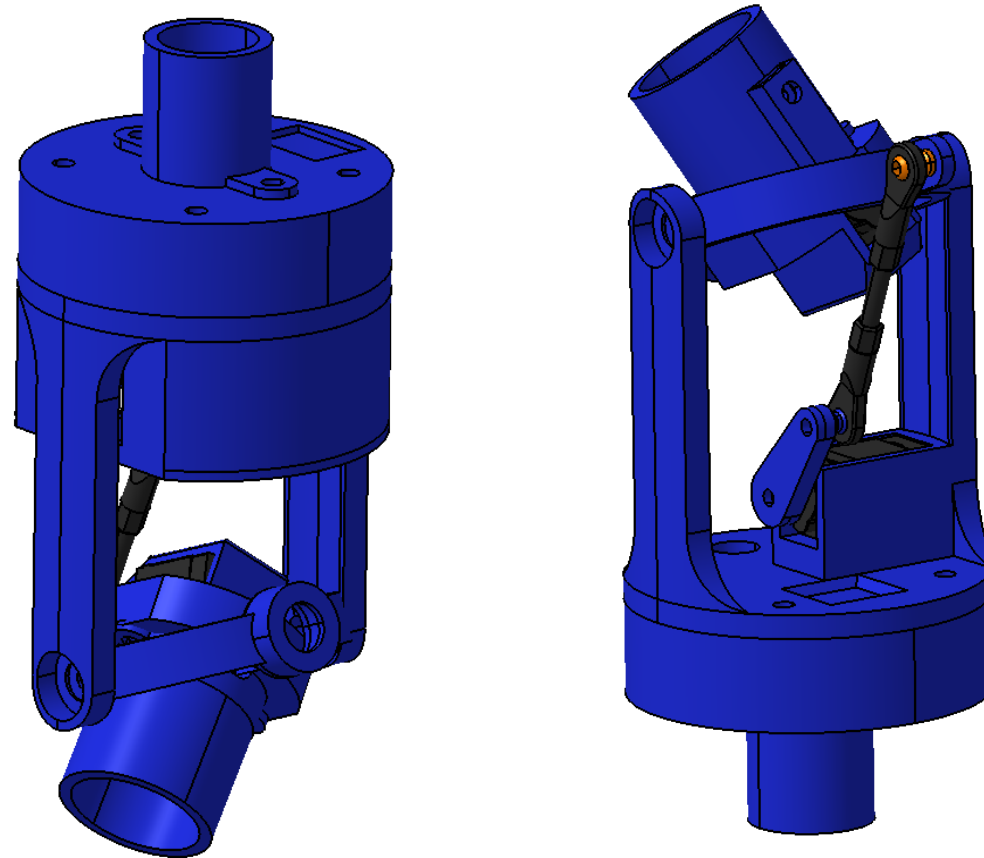


TIMHEL 1250P

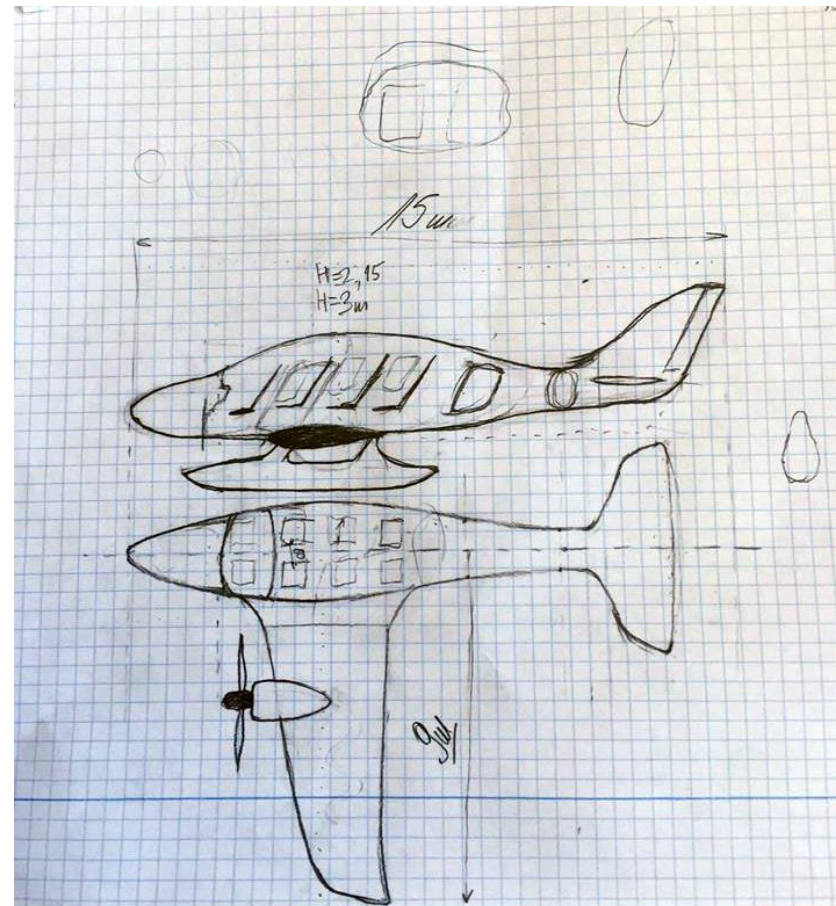


VAZDUHOPLOVSTVO

Propulzori - Upravljanje vektorom potiska

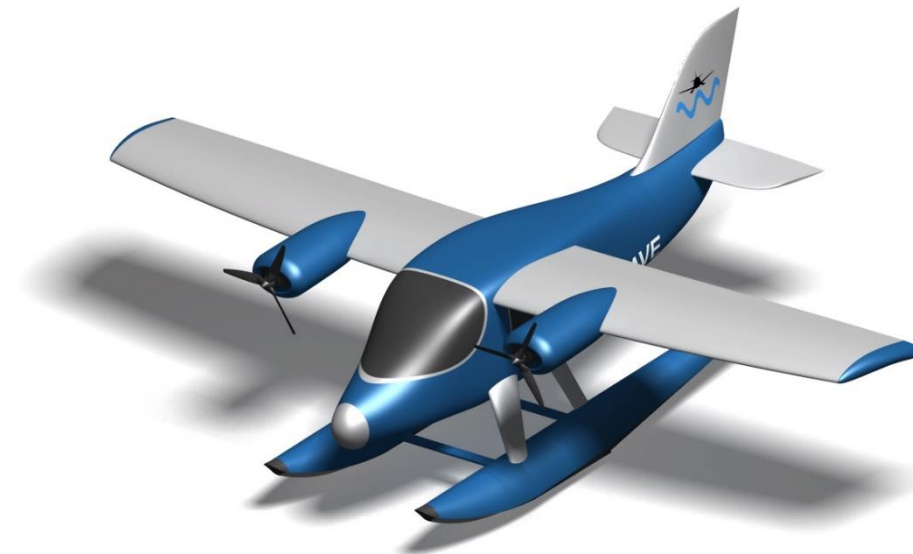
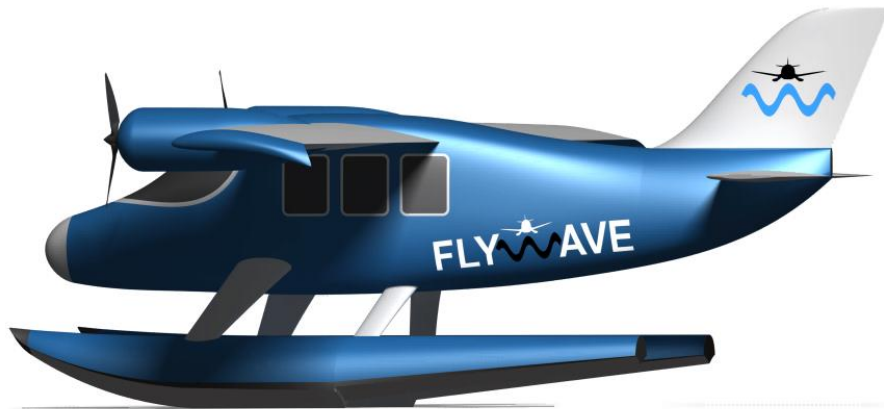
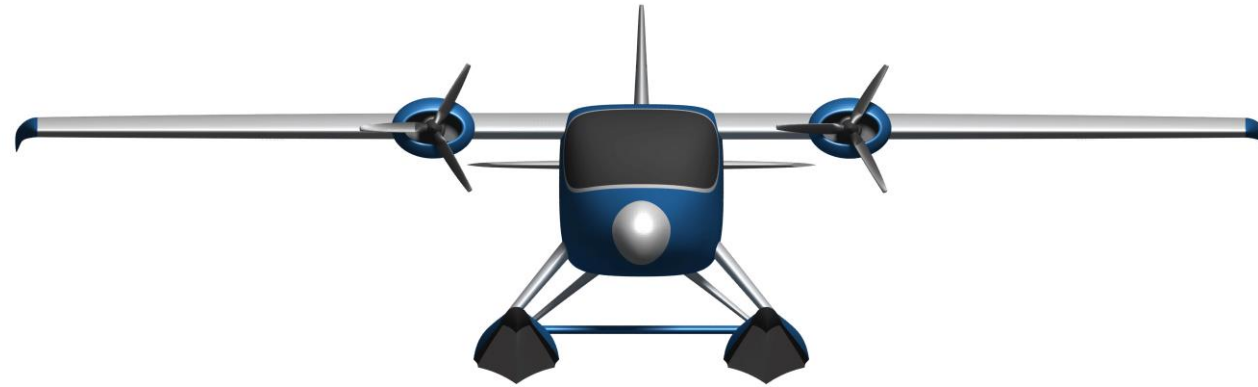


Projektovanje letelica

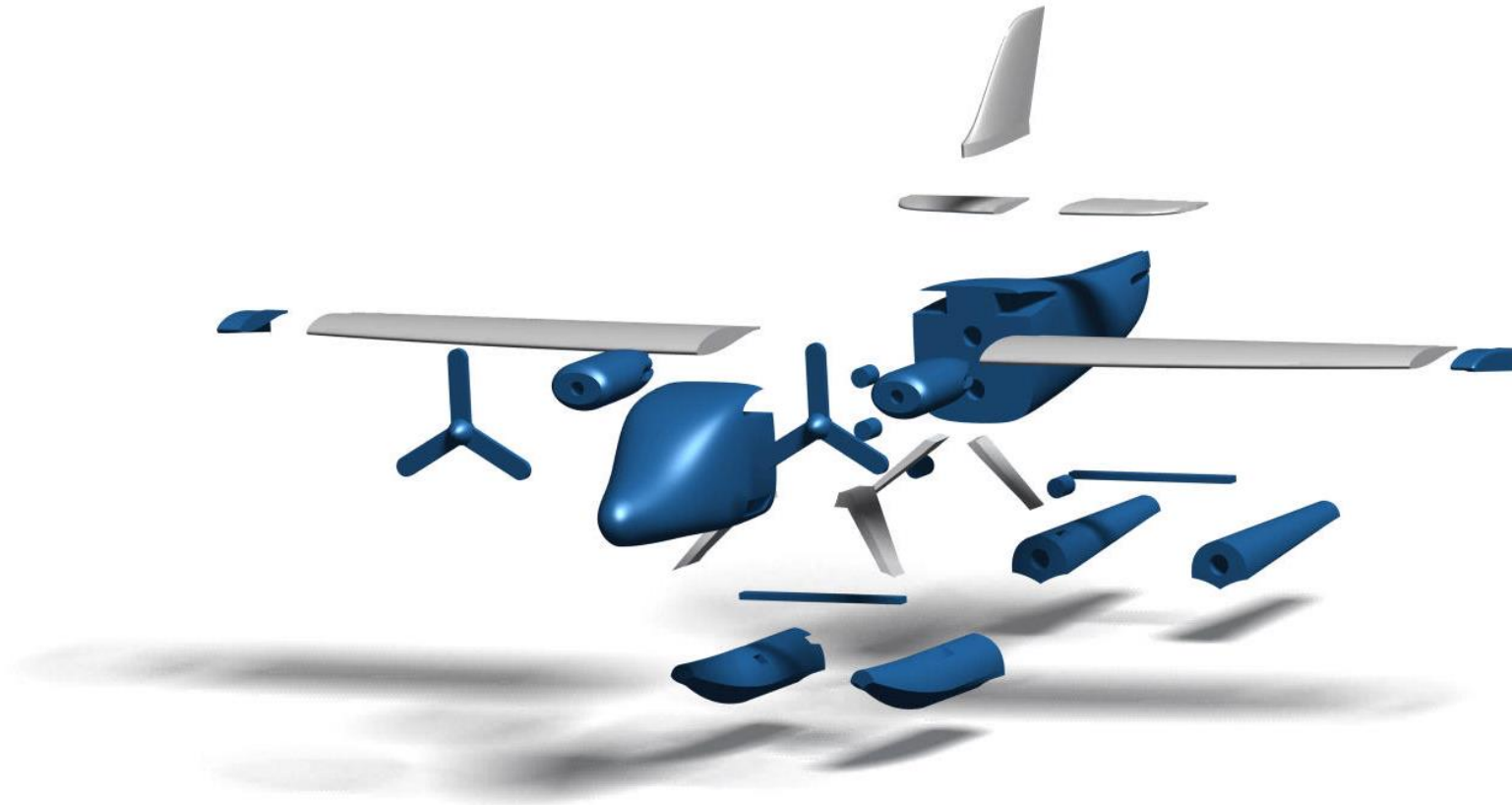


VAZDUHOPLOVSTVO

Primeri studentskih radova



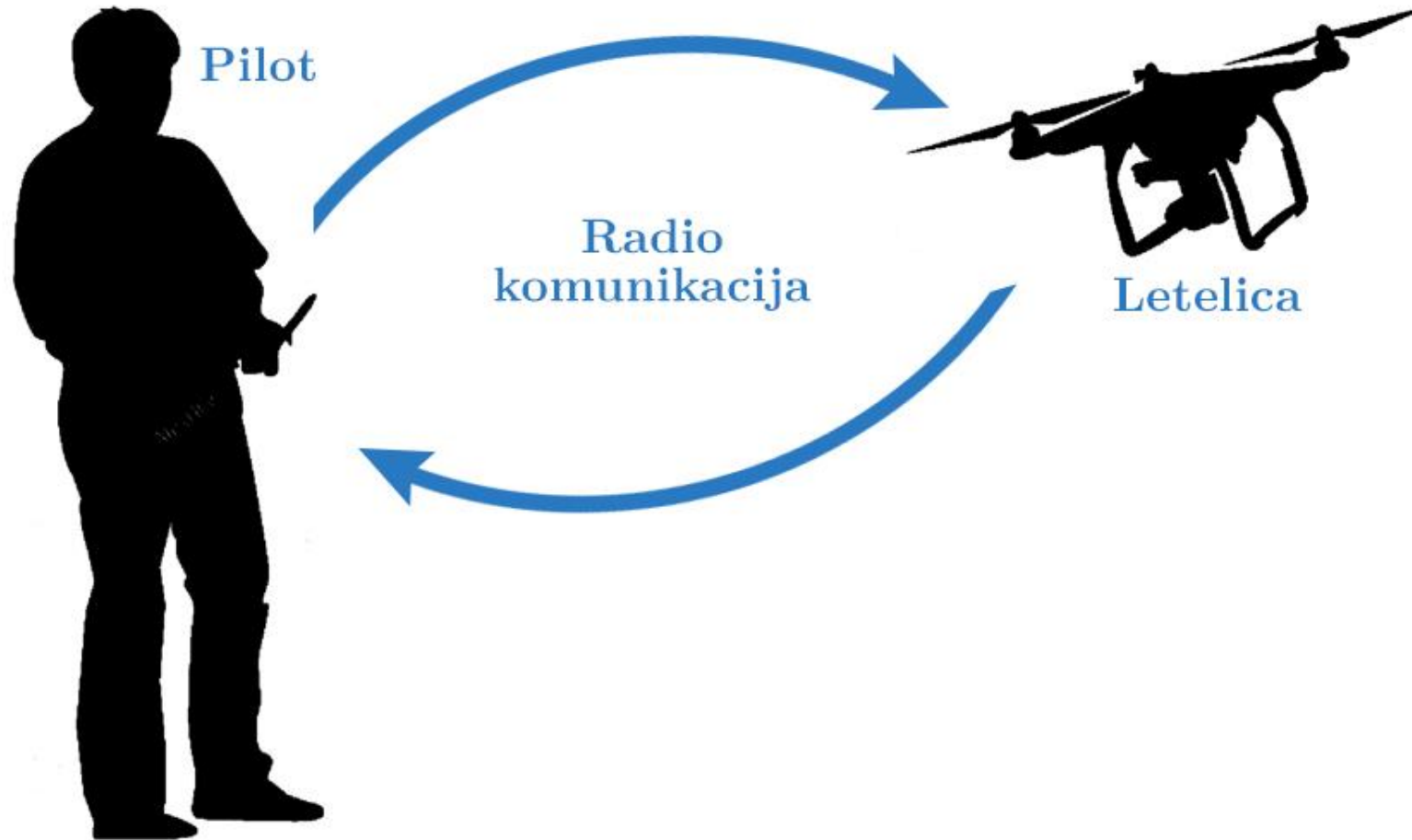
Primeri studentskih radova



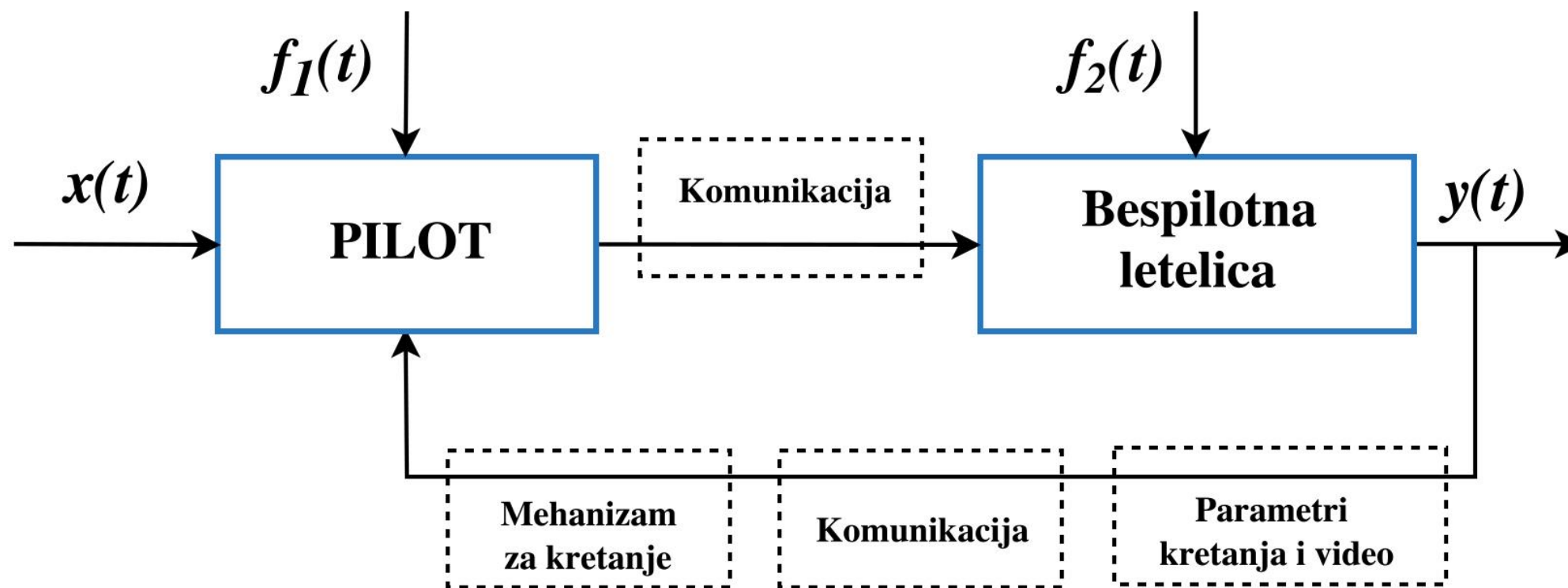
Kvadkopter



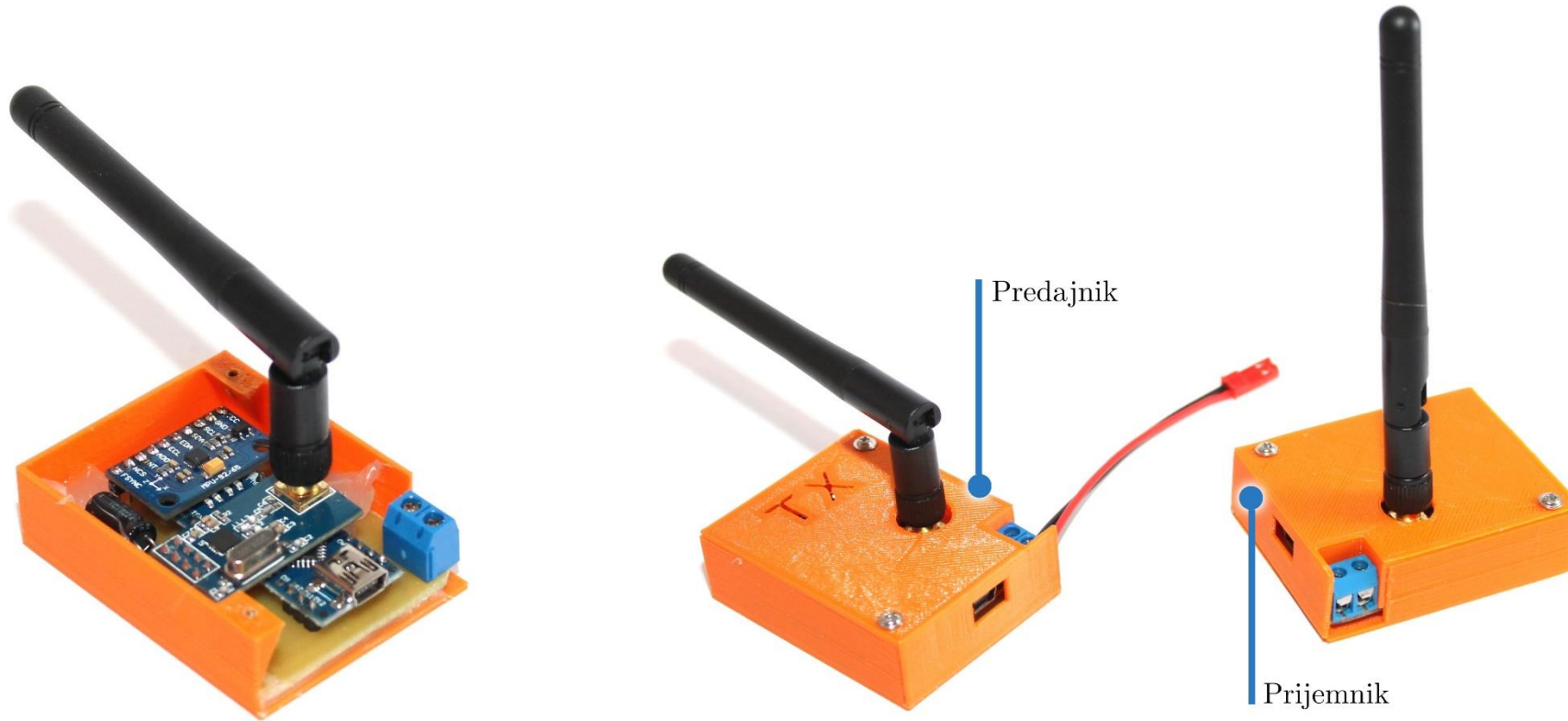
Primeri studentskih radova



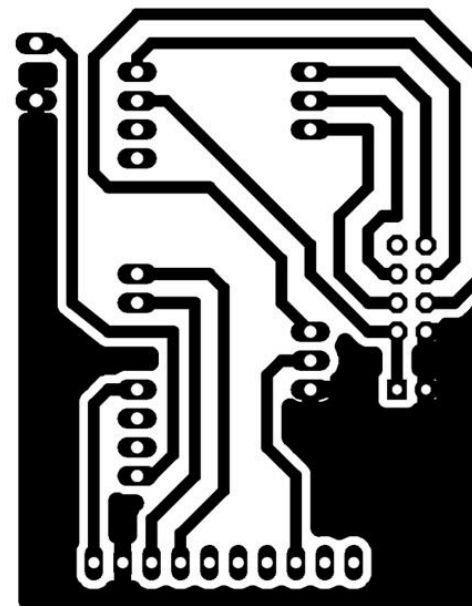
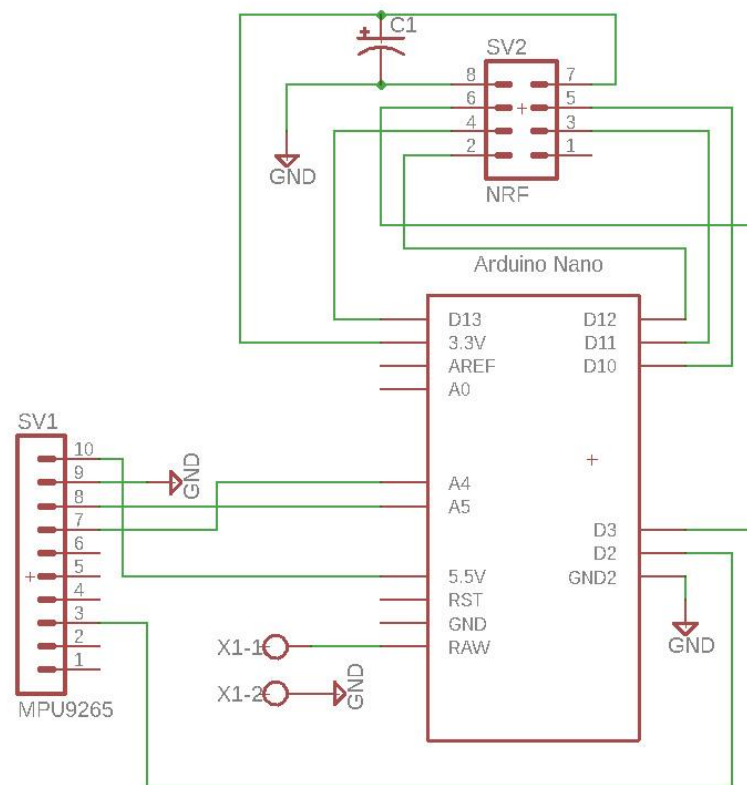
Blok dijagram sistema za daljinsko upravljanje



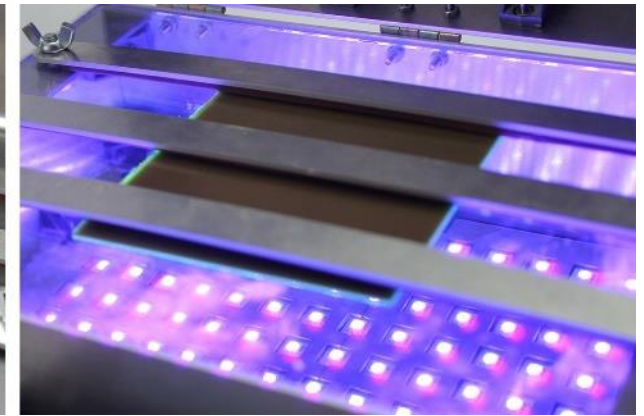
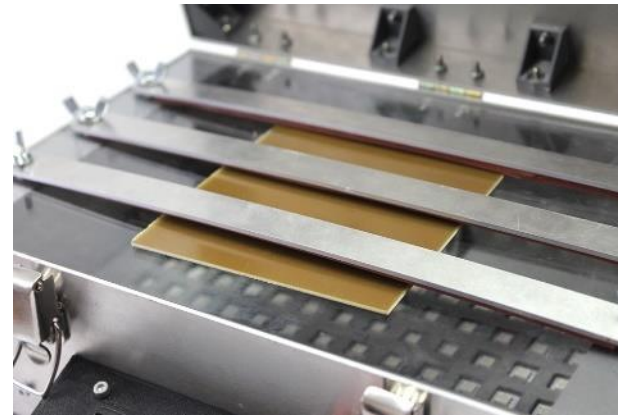
Radio moduli



Elektronika



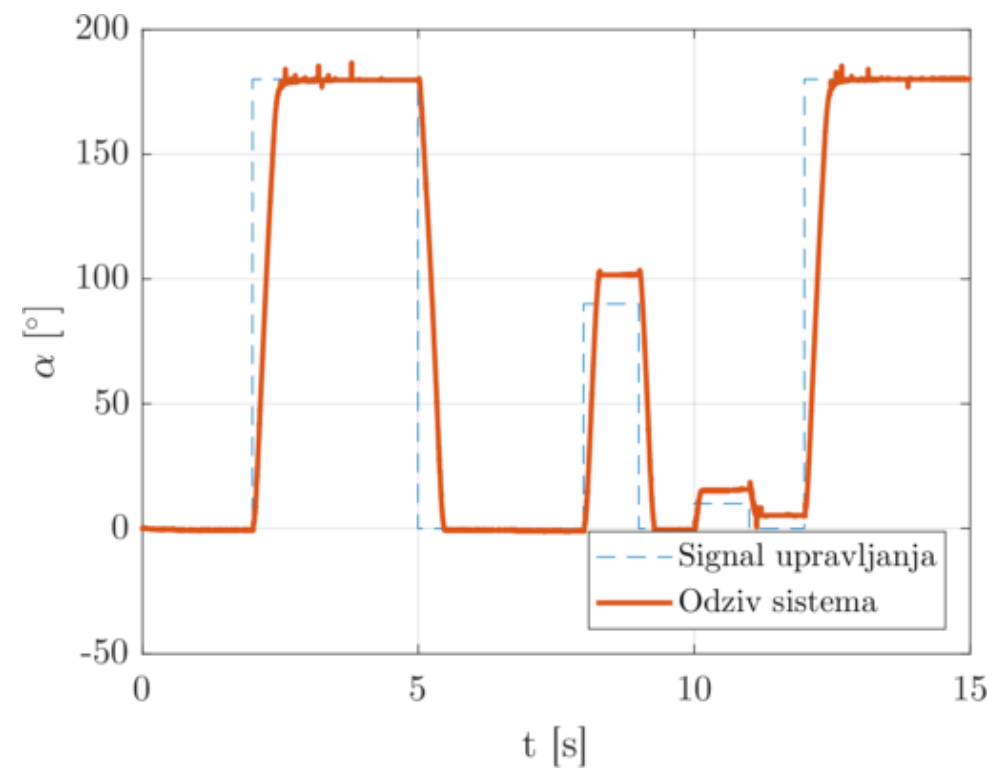
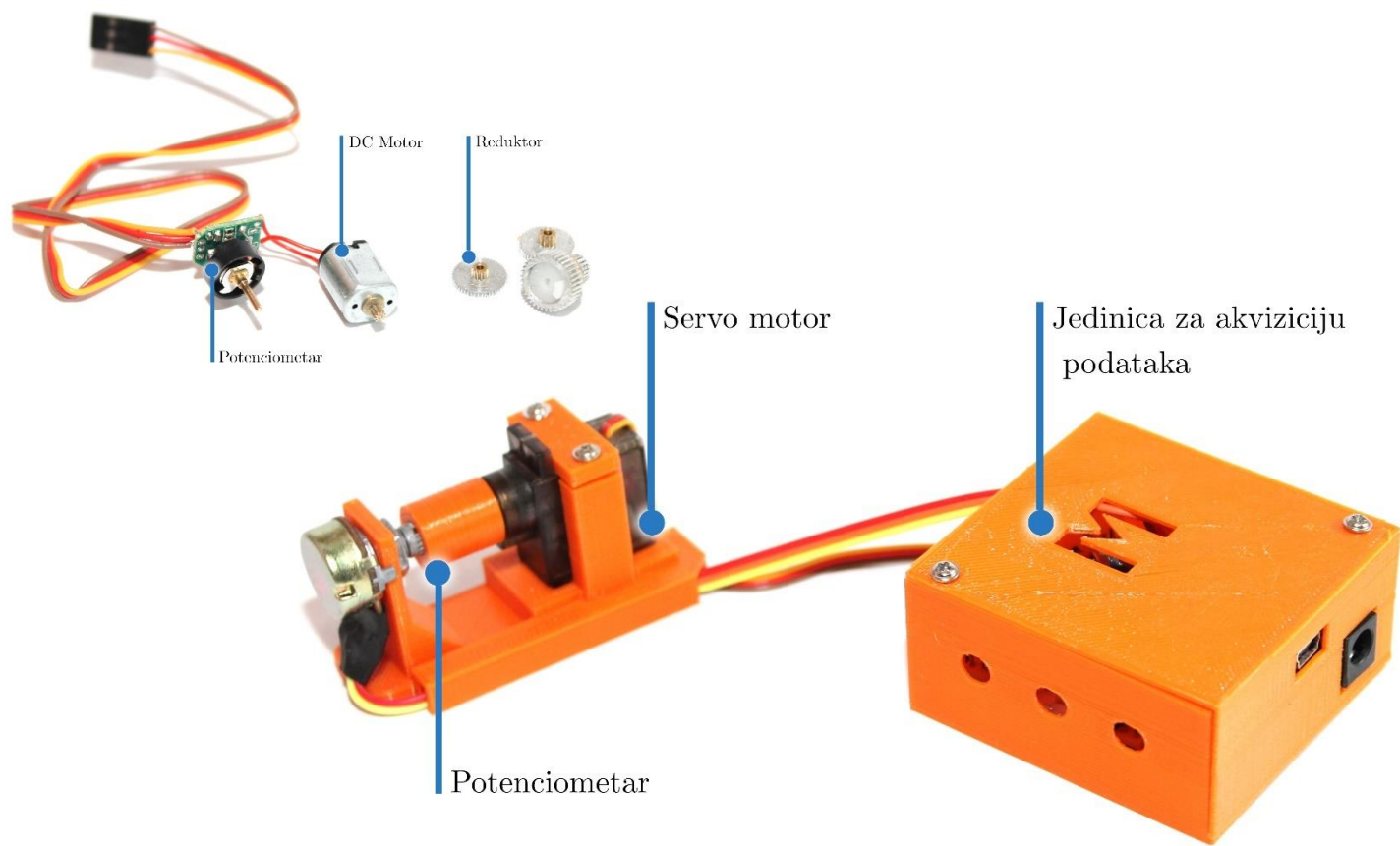
Izrada elektronike



Radio stanica



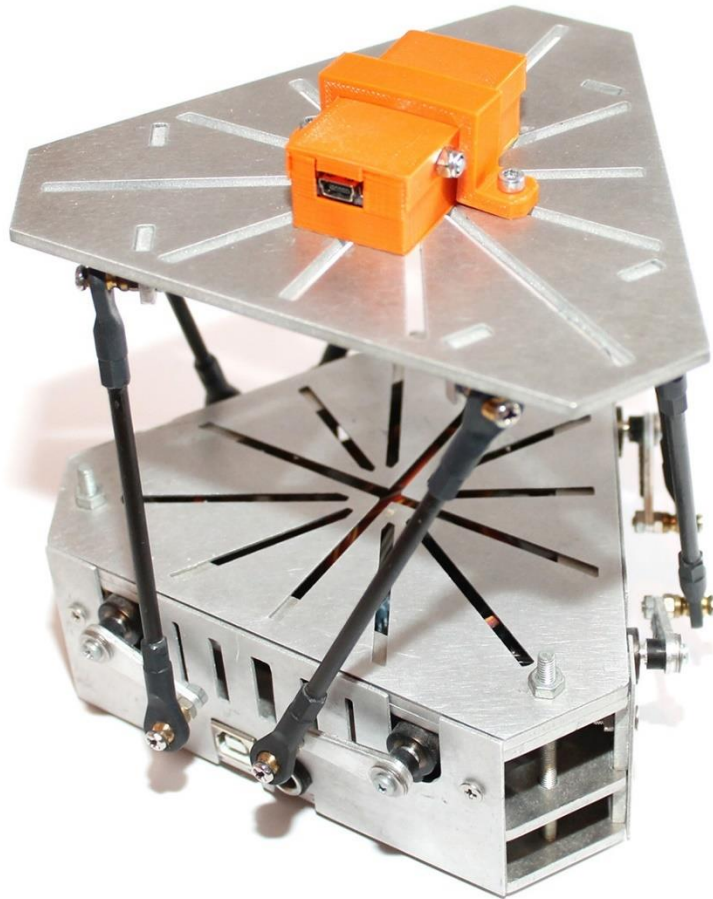
Ispitivanje odziva servo motora



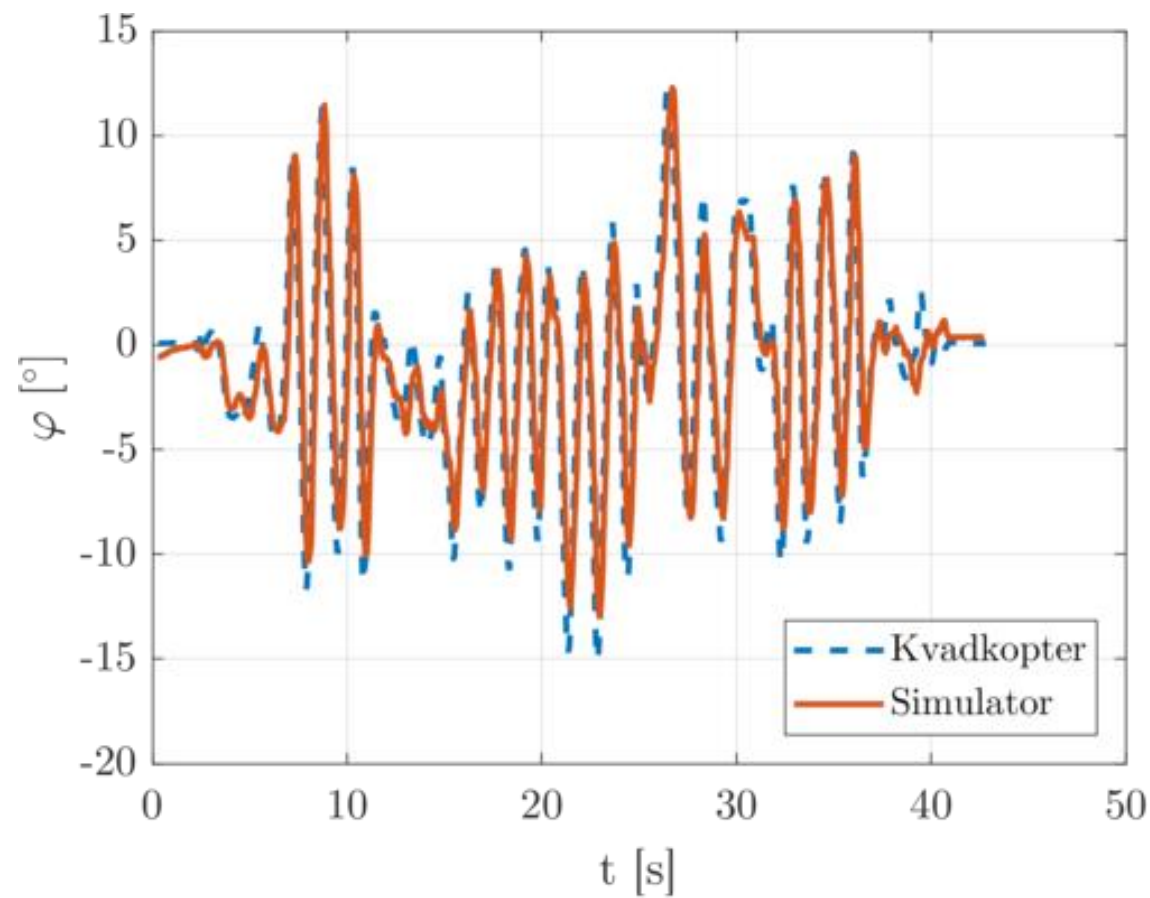
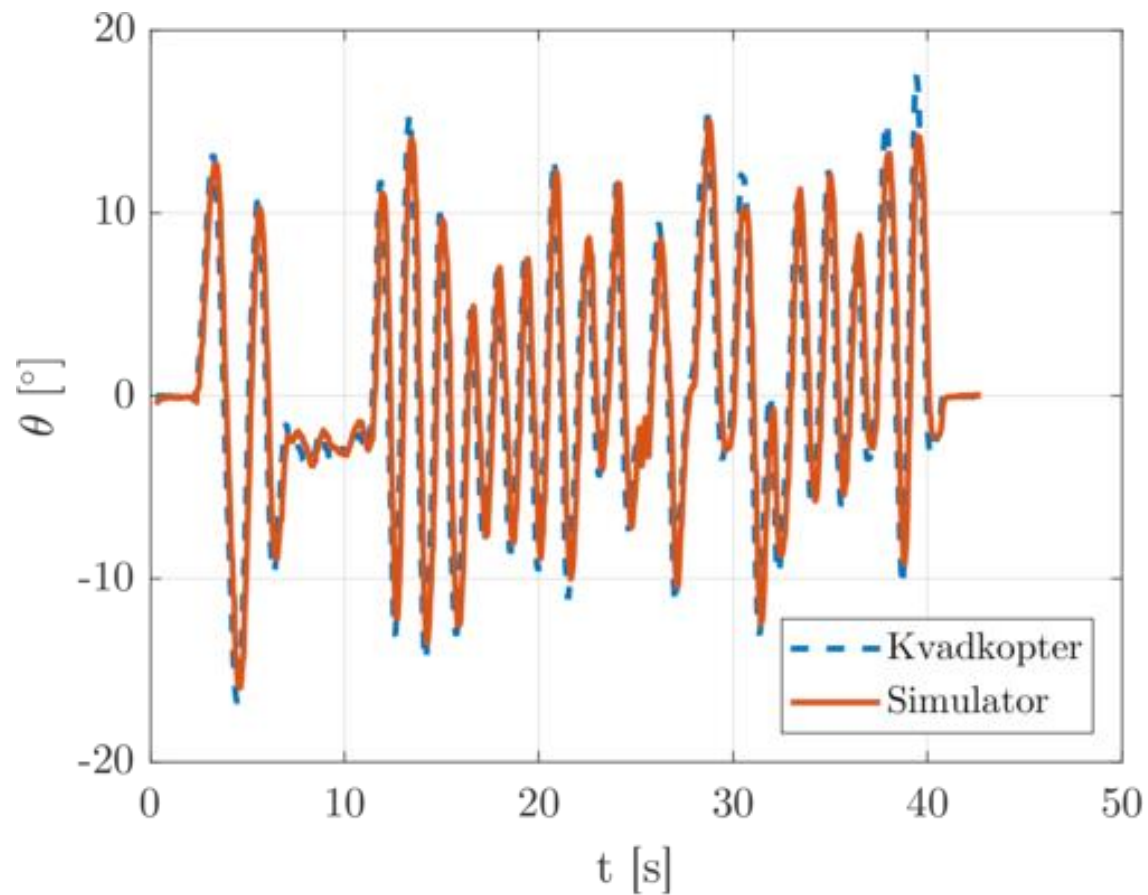
Model simulatora leta



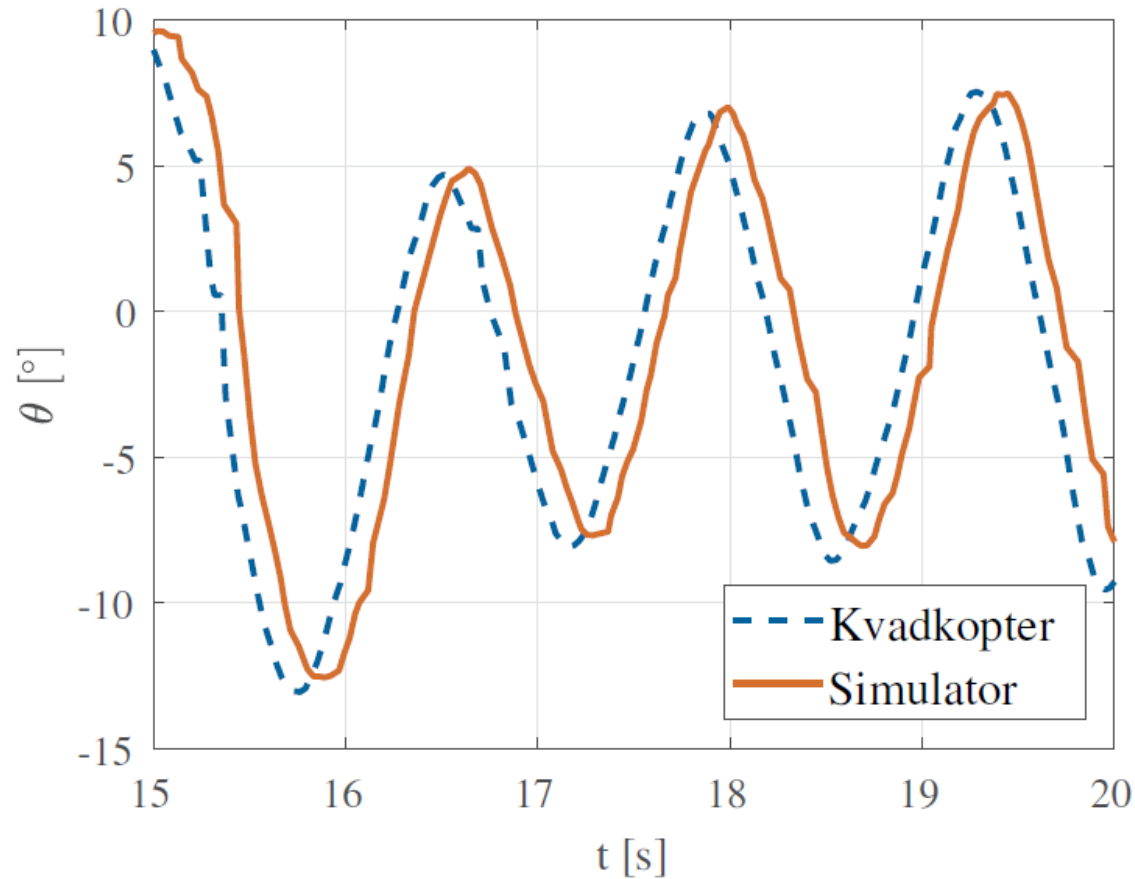
Povezivanje kvadkoptera i simulatora leta



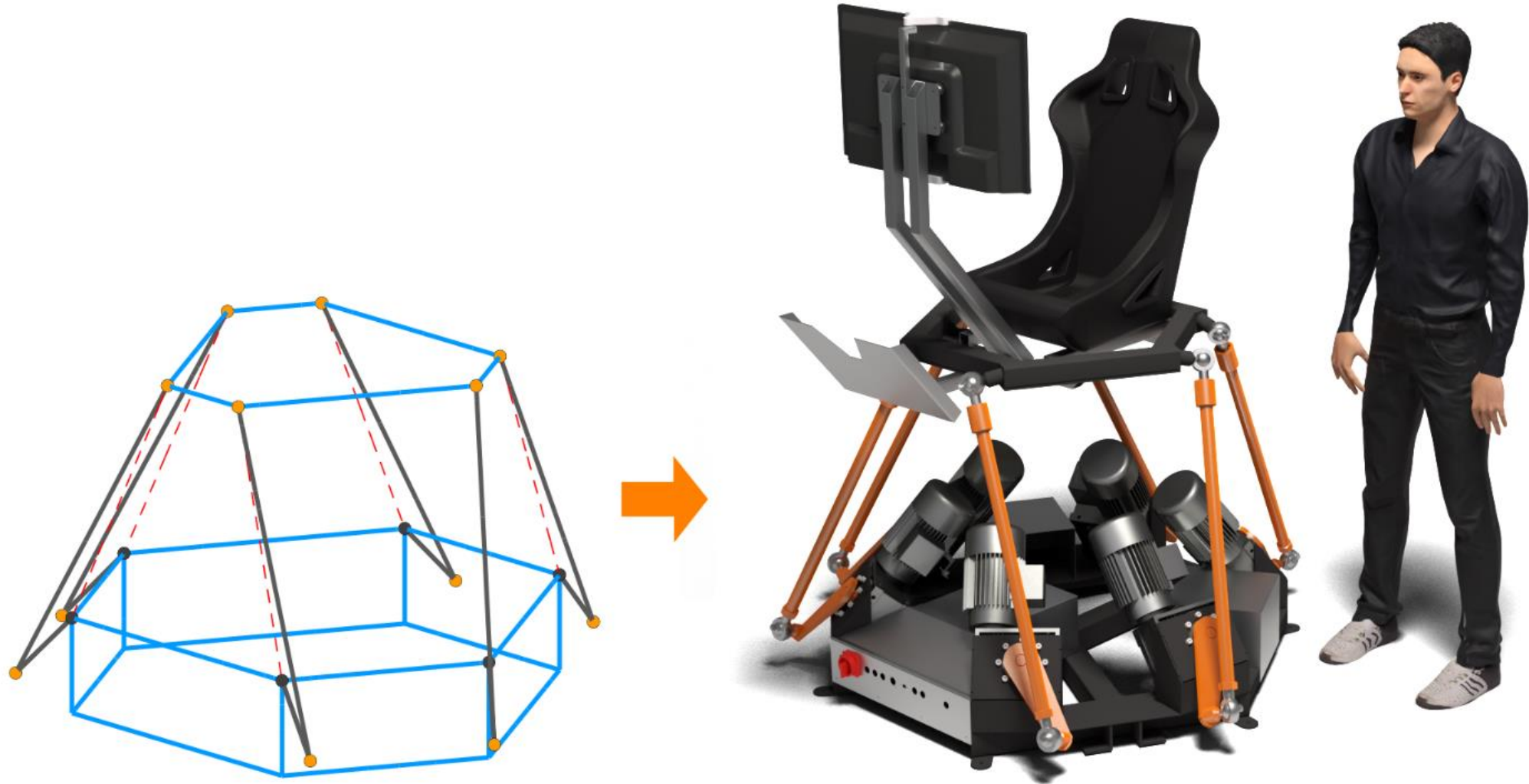
Primeri studentskih radova



Odstupanje ugla propinjanja simulator-kvadkopter



Primeri studentskih radova



VAZDUHOPLOVSTVO

Primeri studentskih radova

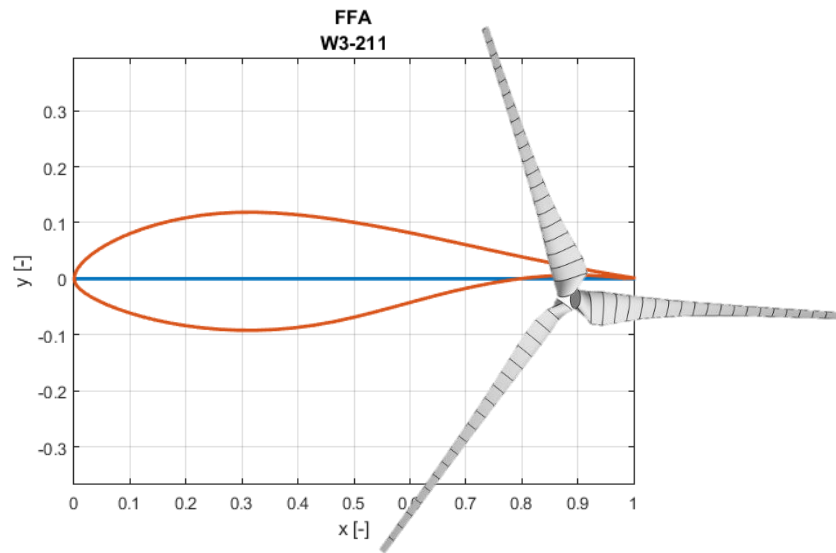


Primeri studentskih radova

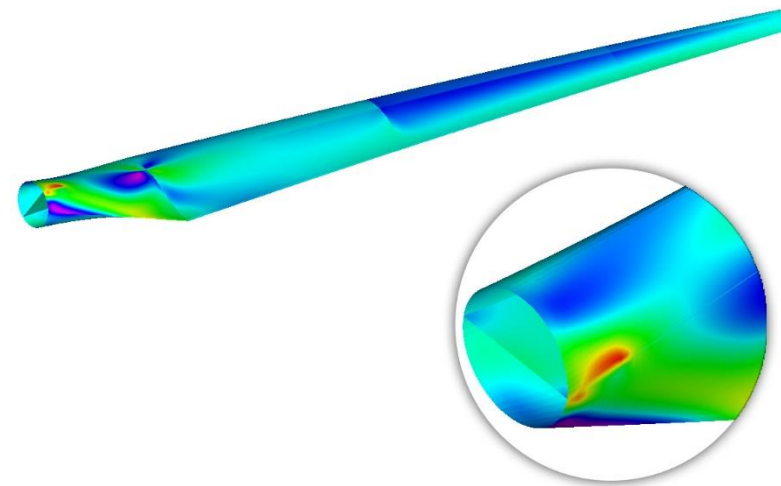


VAZDUHOPLOVSTVO

Da li je projektovanje vetroturbina deo **vazduhoplovstva**?



Aerodinamika



Strukturalna analiza tankozidnih kompozitnih konstrukcija

Primeri studentskih radova



RETScreen je program koji je razvila Kanadska agencija za prirodne resurse i služi za upravljanje projektima koji se bave čistim izvorima energije.

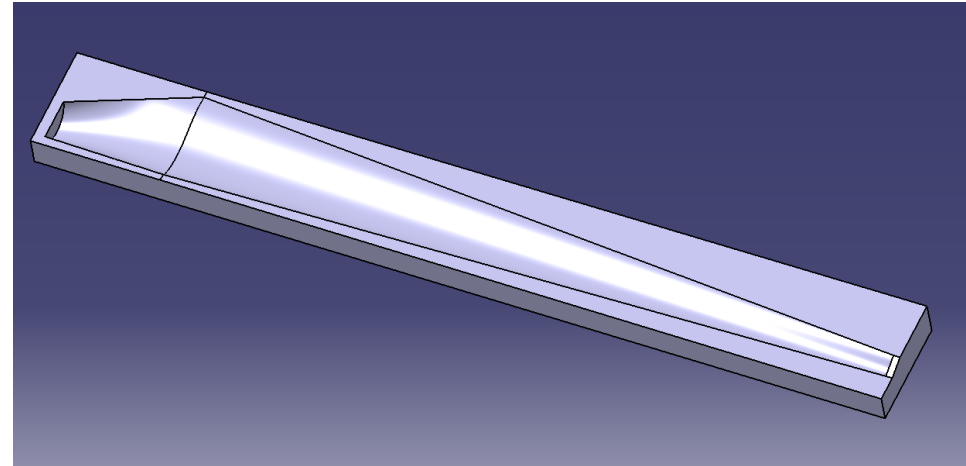
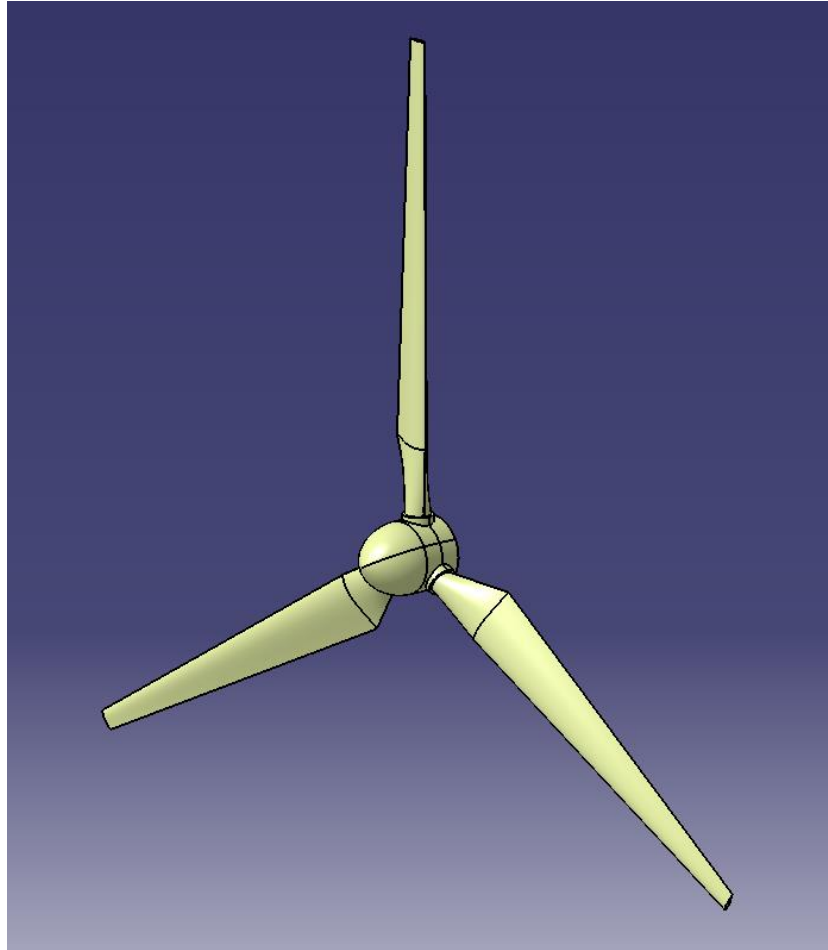
	Unit	Climate data location	Project location
Latitude	°N	63.4	63.4
Longitude	°E	-20.3	-20.3
Elevation	m	124	124
Heating design temperature	°C	-5.5	
Cooling design temperature	°C	12.6	
Earth temperature amplitude	°C	7.8	

Month	Air temperature °C	Relative humidity %	Daily solar radiation - horizontal kWh/m ² /d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days °C-d	Cooling degree-days °C-d
January	1.7	77.5%	0.15	97.9	12.5	1.5	505	0
February	1.7	77.7%	0.67	98.1	12.9	1.6	456	0
March	1.7	76.1%	1.76	98.4	12.3	2.5	505	0
April	3.3	76.7%	3.37	99.0	10.9	4.4	441	0
May	6.0	81.5%	4.83	99.5	9.1	7.0	372	0
June	8.3	86.2%	5.25	99.4	8.6	9.8	291	0
July	10.0	88.3%	4.69	99.1	8.0	11.2	248	0
August	10.1	88.0%	3.66	99.0	8.3	10.9	245	3
September	7.9	84.0%	2.34	98.9	10.3	8.4	303	0
October	5.1	80.9%	1.06	98.5	10.7	5.6	400	0
November	3.2	79.7%	0.28	98.4	11.9	3.4	444	0
December	2.1	77.9%	0.05	98.1	12.8	2.1	493	0
Annual	5.1	81.2%	2.35	98.7	10.7	5.7	4,704	3
Measured at	m				10.0	0.0		

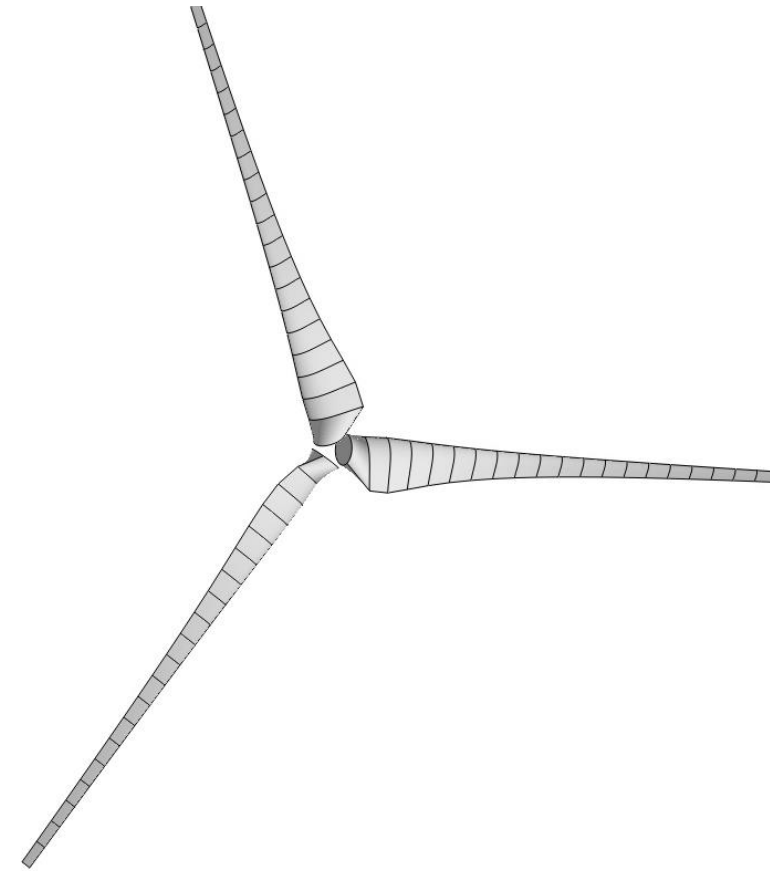
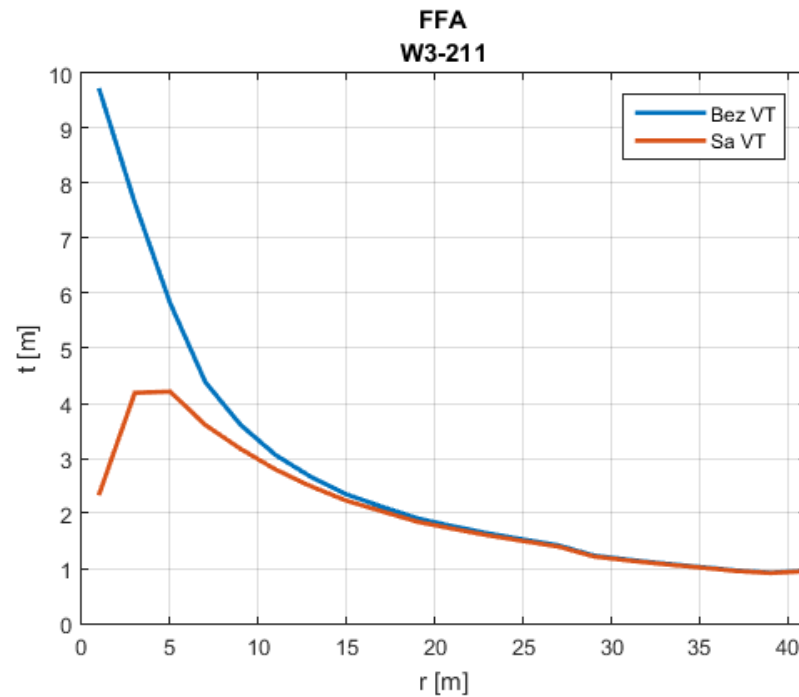
Primeri studentskih radova



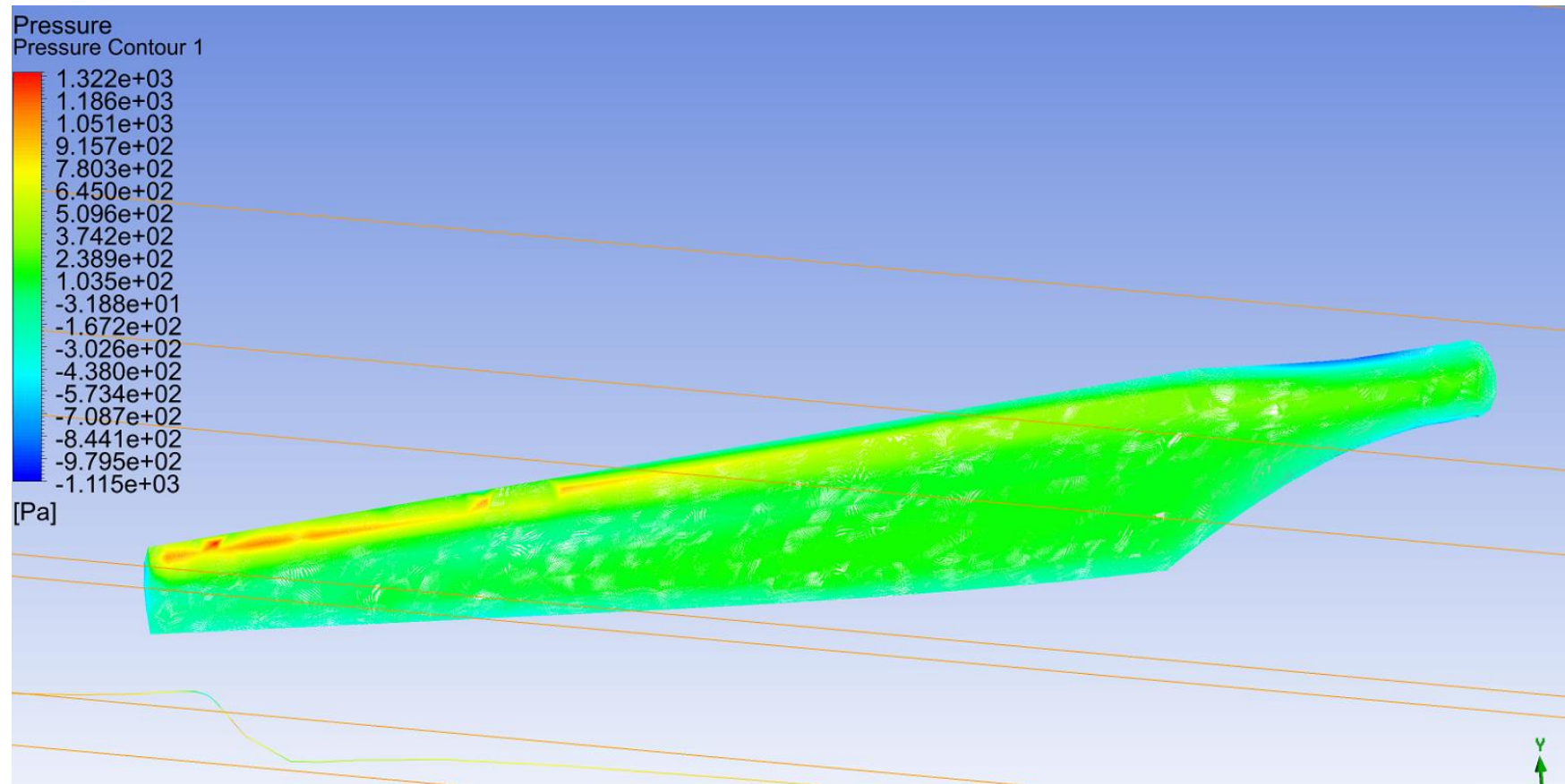
Primeri studentskih radova



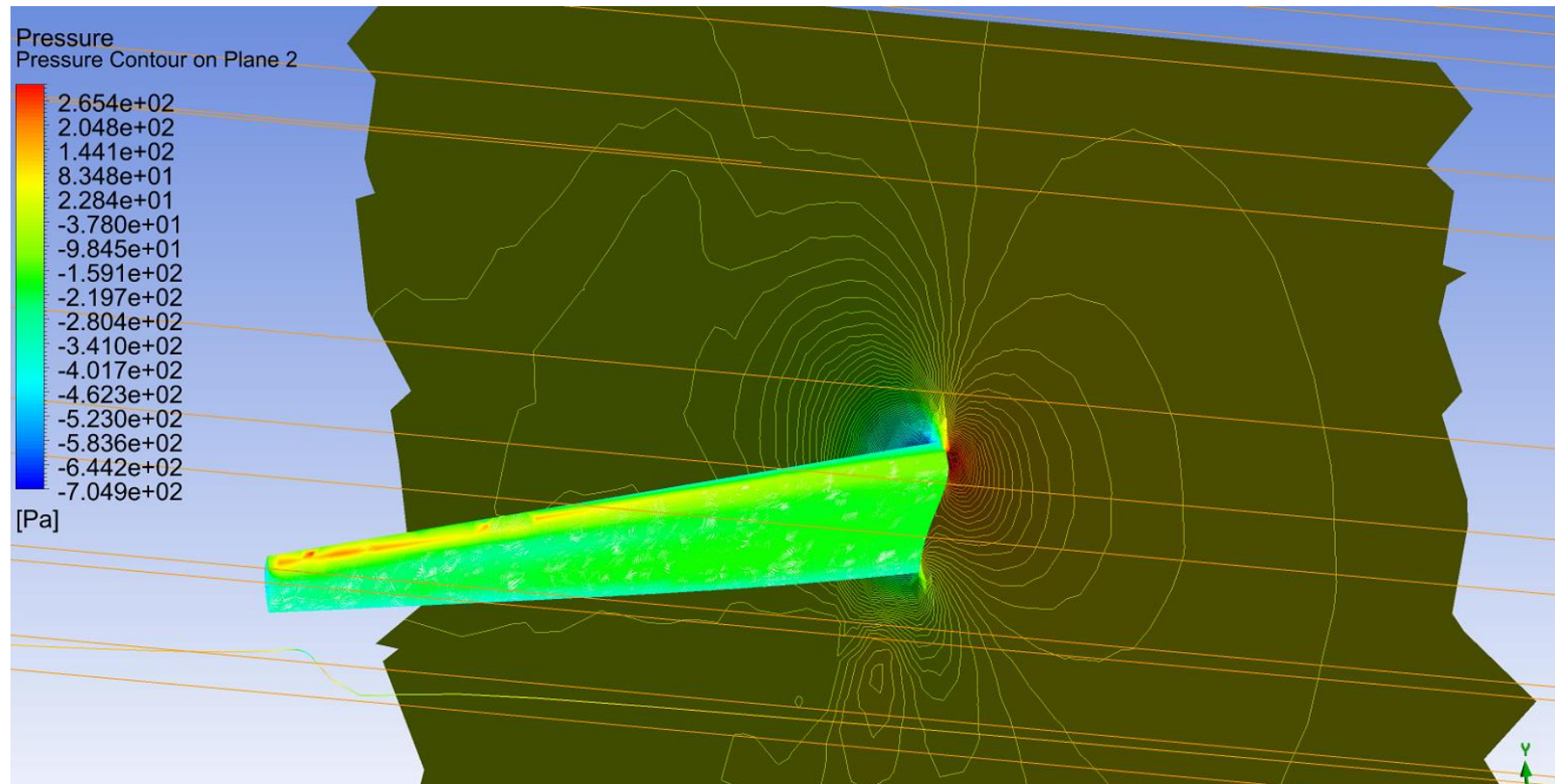
Geometrija lopatice



Numerički proračun dinamike fluide - polje pritiska

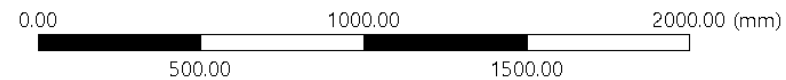
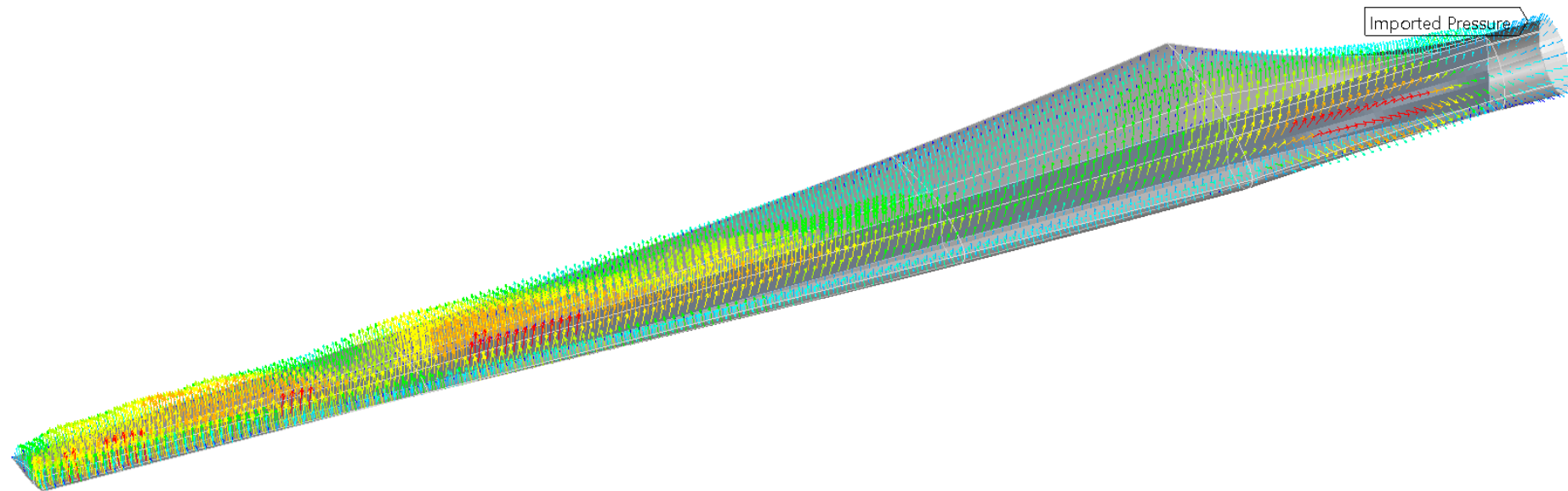
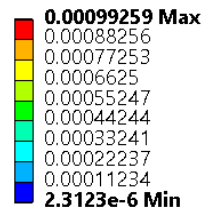


Numerički proračun dinamike fluide - polje pritiska



Aerodinamičko opterećenje

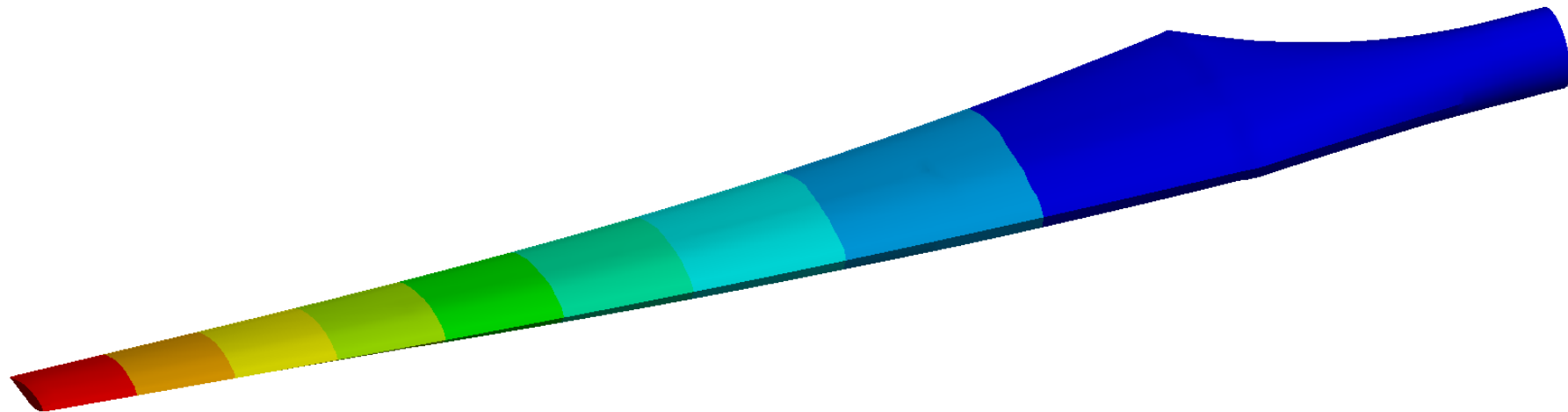
E: Transient Structural
Imported Pressure
Time: 10. s
All
Unit: MPa
09-Mar-19 9:17



Deformacija lopatice

E: Transient Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
09-Mar-19 9:15

90.853 Max
80.759
70.665
60.571
50.477
40.384
30.29
20.196
10.102
0.0084231 Min

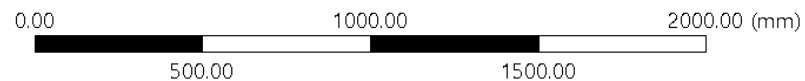
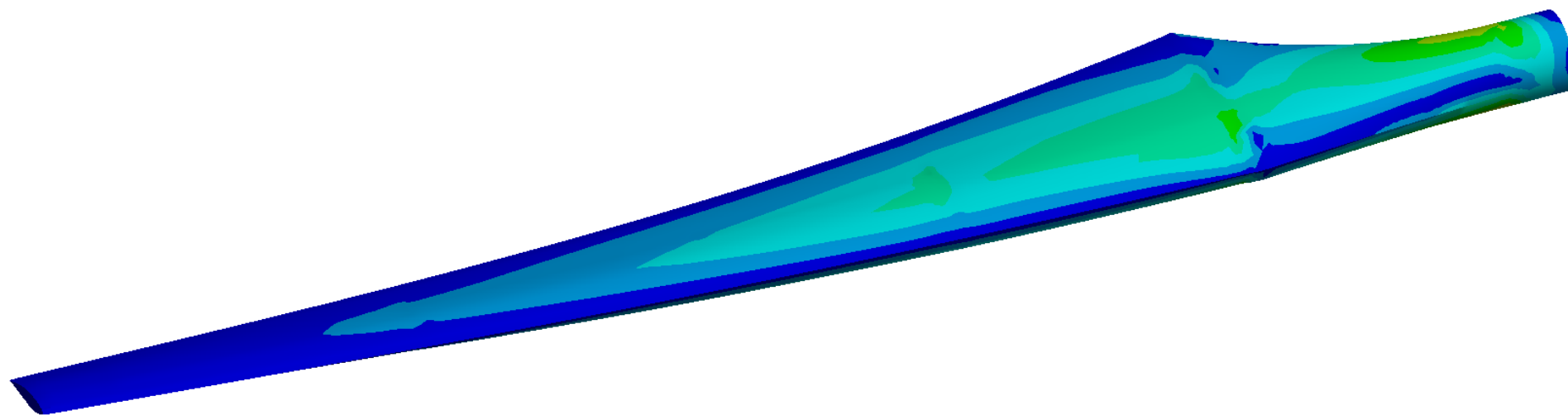
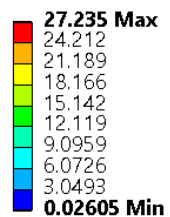


0.00 500.00 1000.00 1500.00 2000.00 (mm)

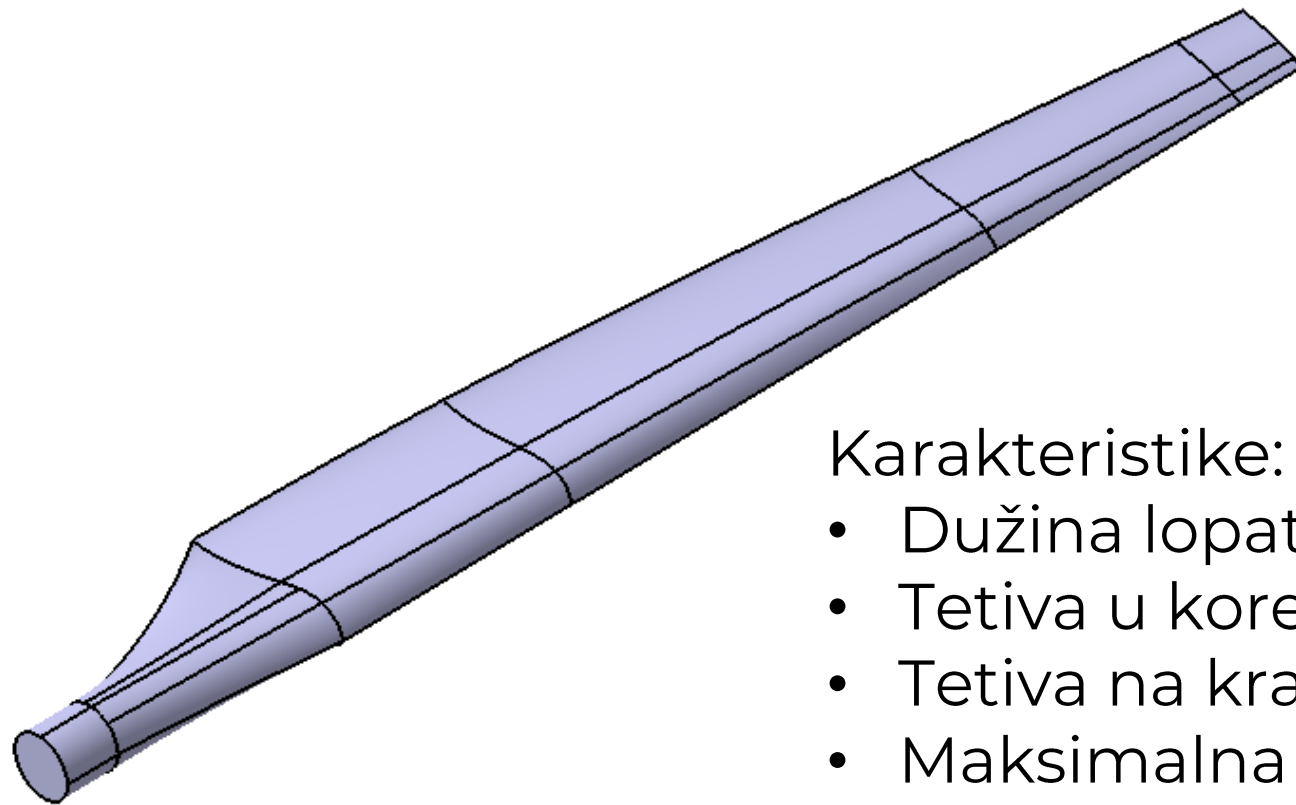
Raspodela napona

E: Transient Structural

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom - Layer 0
Unit: MPa
Time: 1
09-Mar-19 9:15



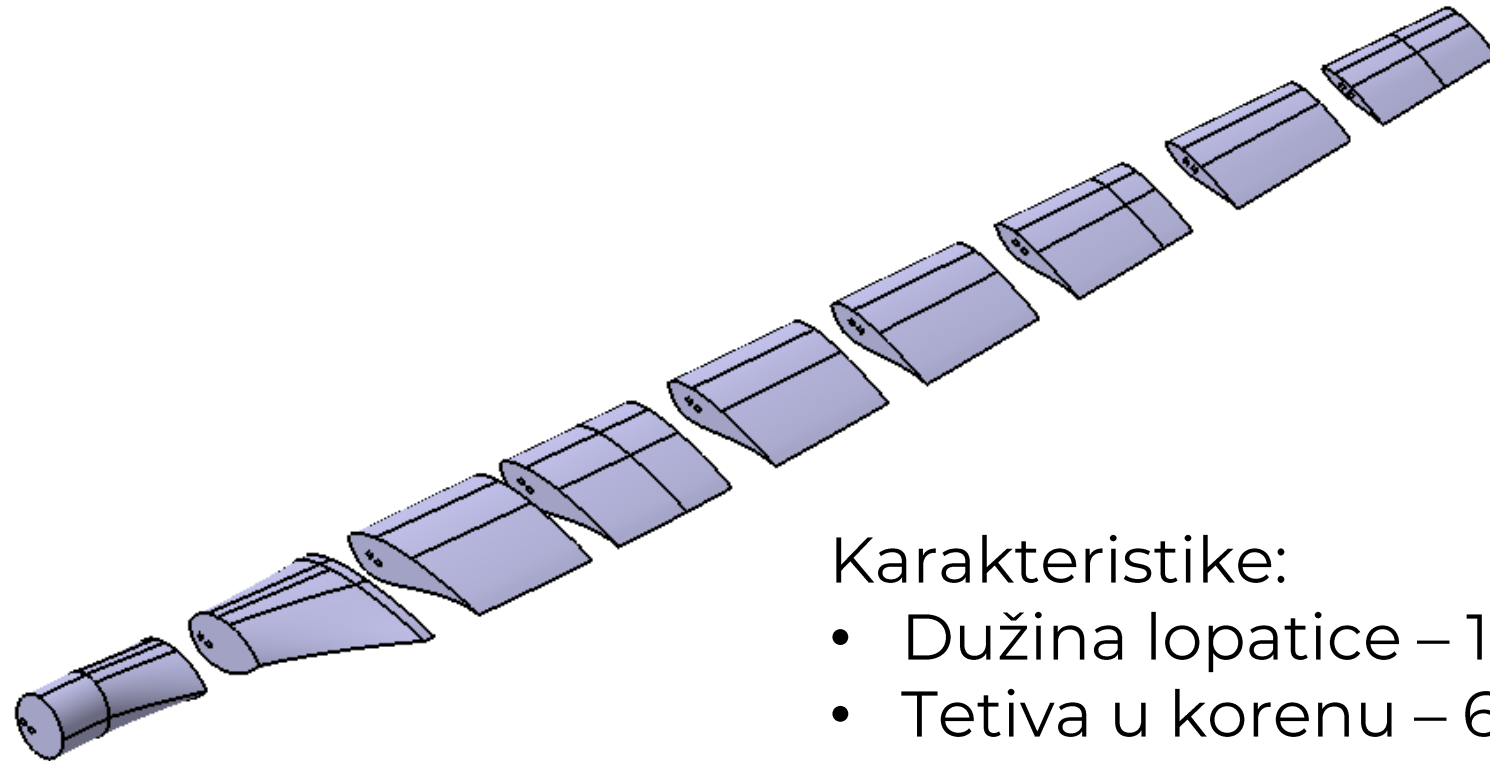
3D model stvarne lopatice



Karakteristike:

- Dužina lopatice – 6 m
- Tetiva u korenu – 280 mm
- Tetiva na kraju – 316 mm
- Maksimalna tetiva – 800 mm

3D model za eksperiment



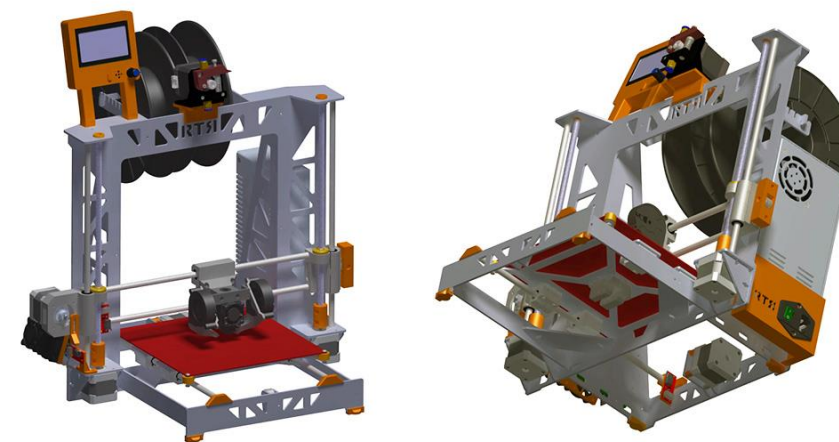
Karakteristike:

- Dužina lopatice – 1.35 m
- Tetiva u korenu – 63 mm
- Tetiva na kraju – 71 mm
- Maksimalna tetiva – 180 mm

3D štampanje modela

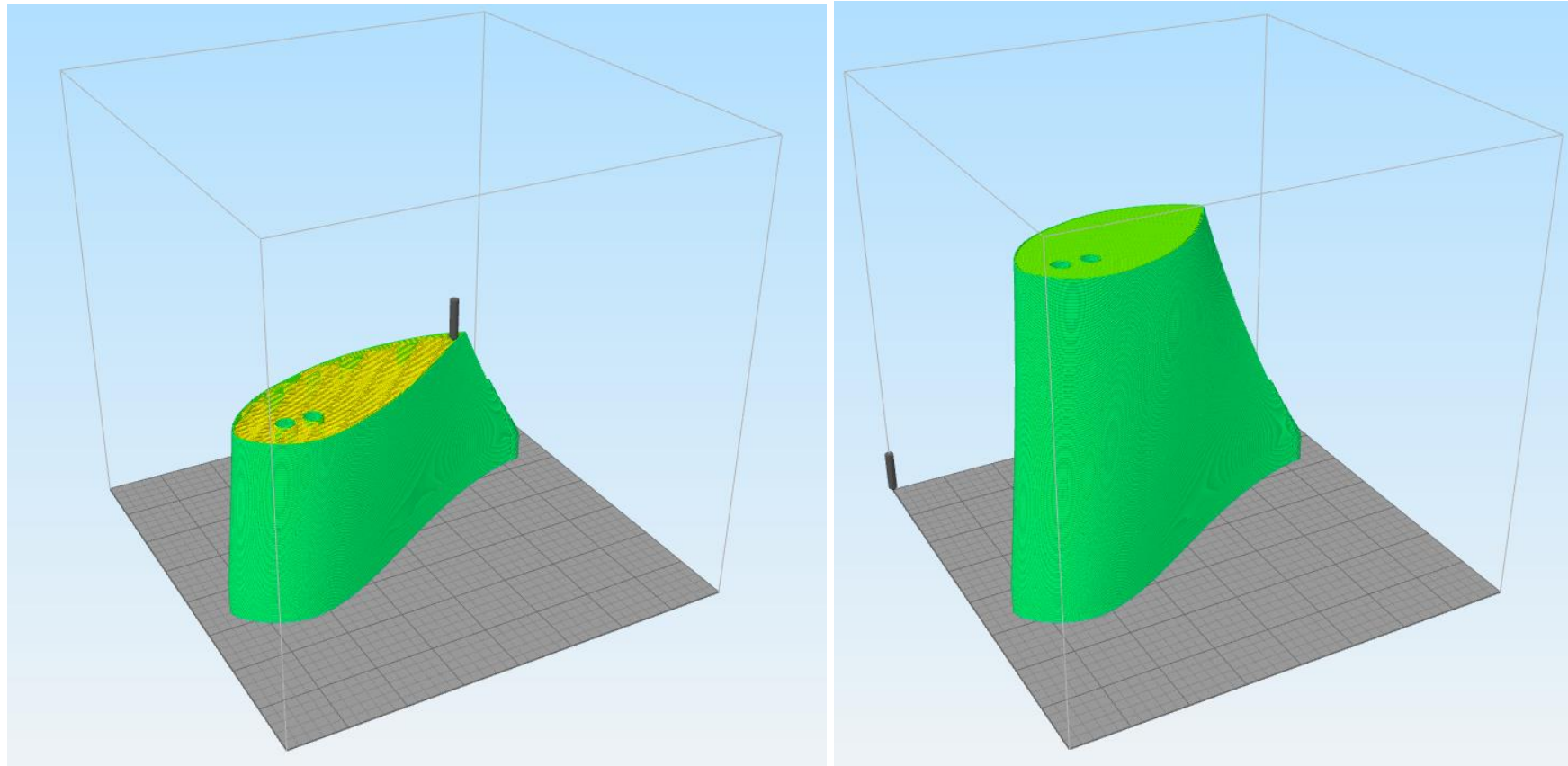
Deo	Vreme [min]	Dužina [m]	Masa [g]
Lopatica-1	194	30.1942	90.78
Lopatica-2	265	31.1895	123.84
Lopatica-3	292	44.1074	132.61
Lopatica-4	260	38.6473	116.2
Lopatica-5	232	34.1118	102.56
Lopatica-6	198	28.3979	85.38
Lopatica-7	173	24.1906	72.73
Lopatica-8	143	19.404.6	58.34
Lopatica-9	120	15.6379	47.02
Ukupno:	1877	246.4766	829.46

Procena vremena štampe i
potrebnog materijala

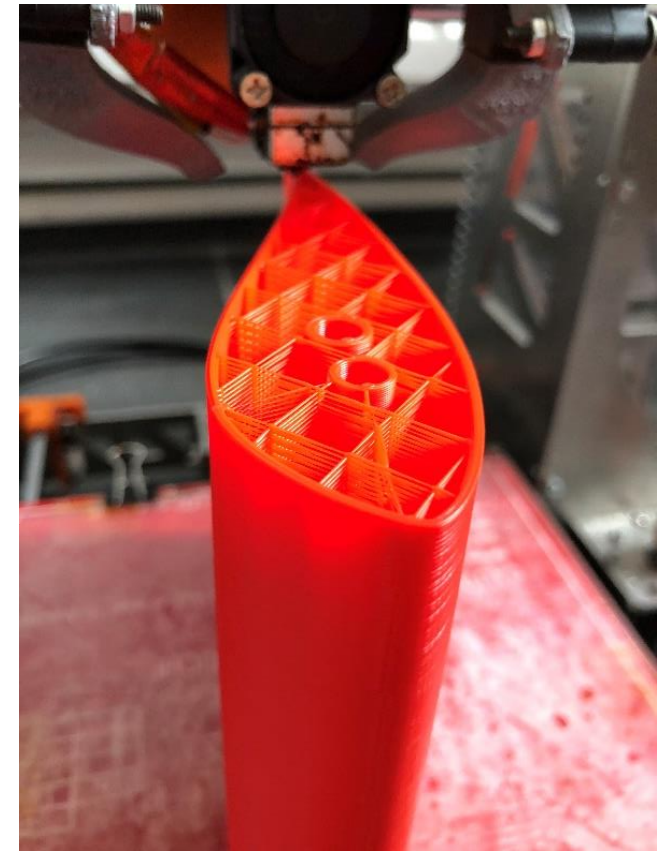
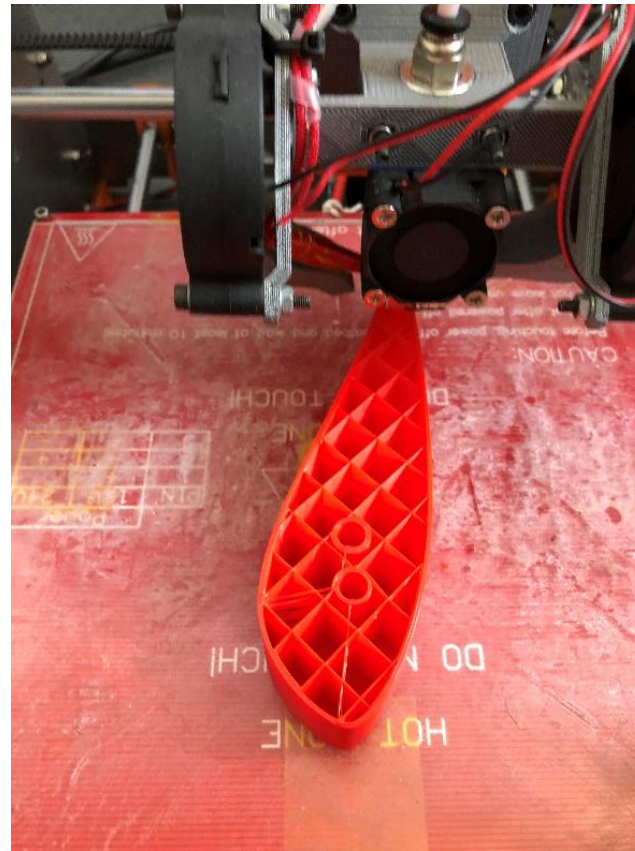


Model 3D štampača

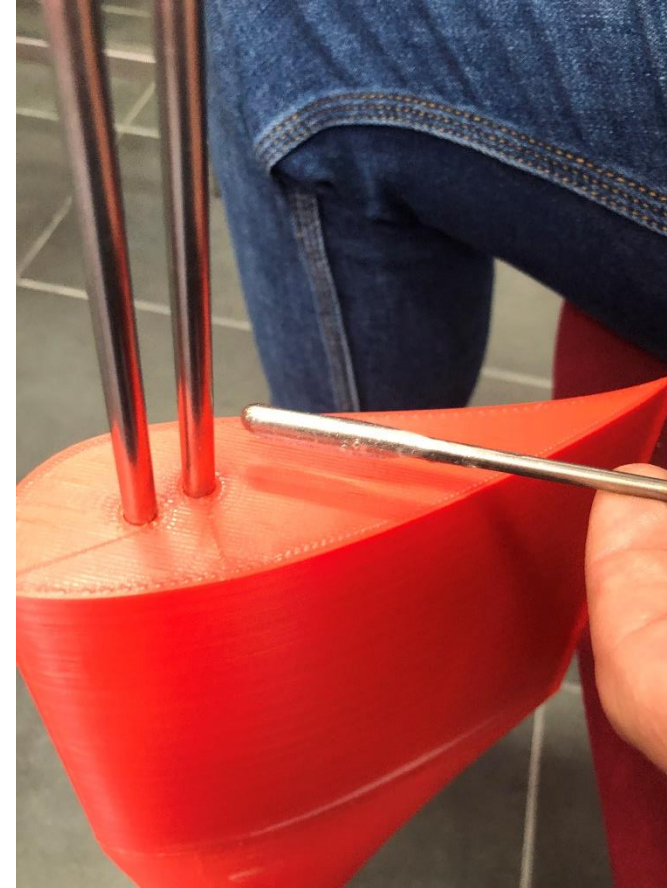
3D štampanje modela - program za štampu



3D štampanje modela - proces štampanja



Sklapanje lopatice



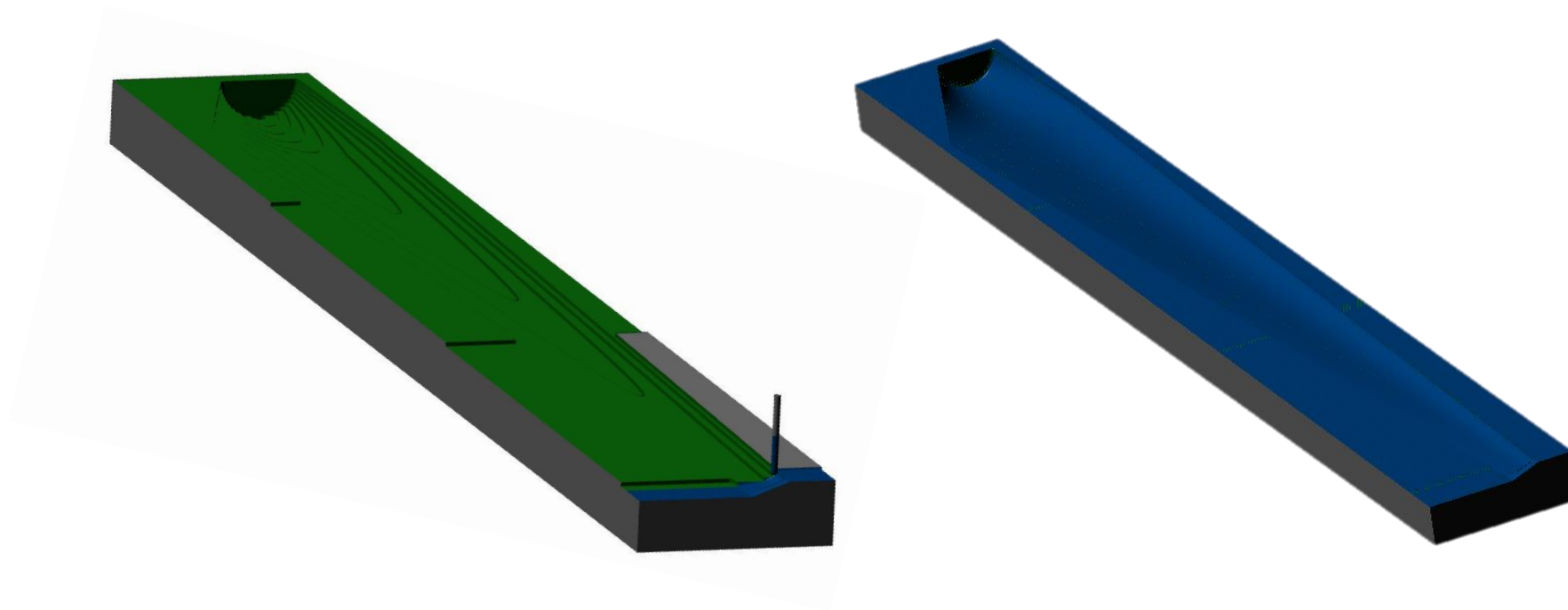
Obrada modela



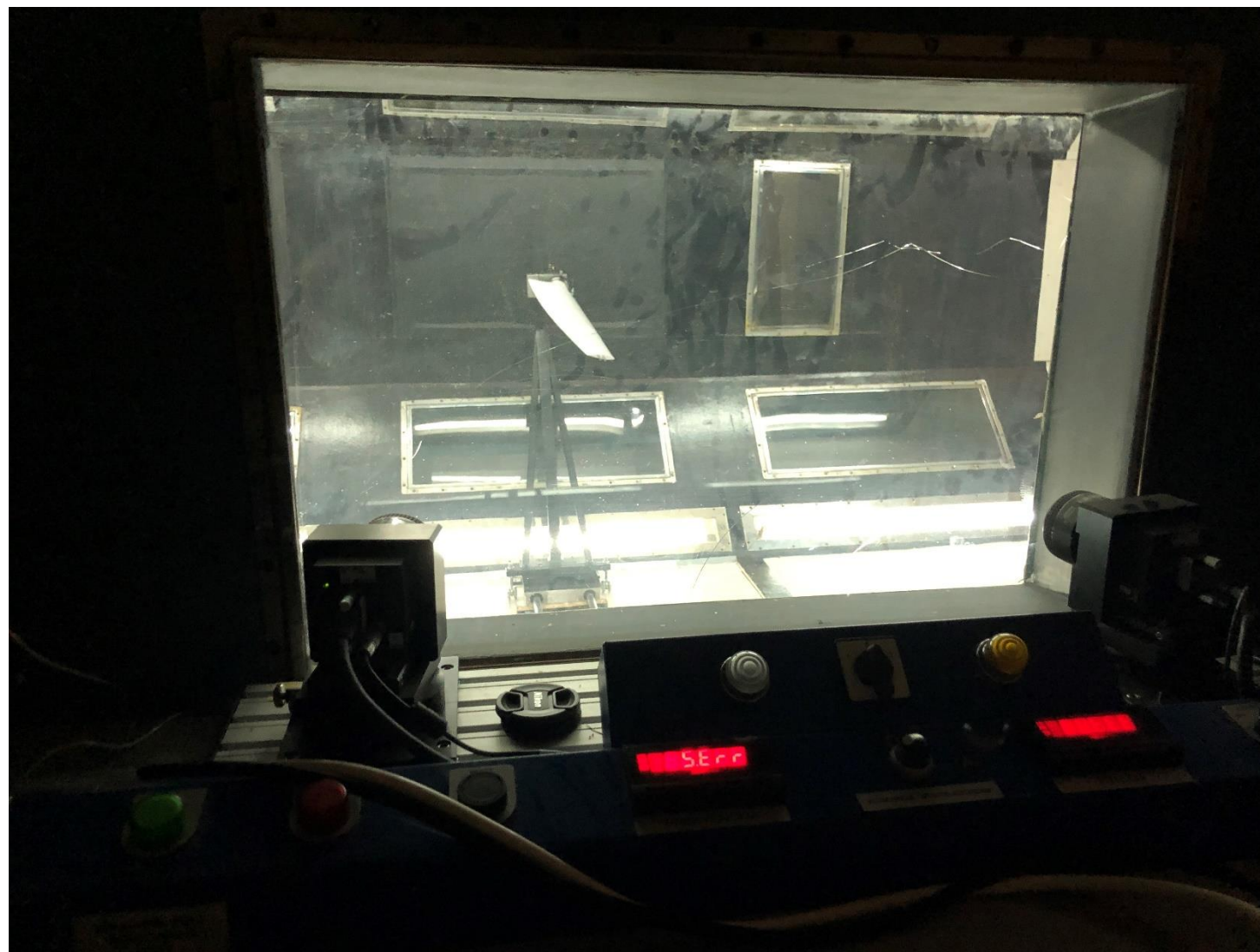
Završna obrada modela



Izrada alata



Primeri studentskih radova



VAZDUHOPLOVSTVO

Primeri studentskih radova



Primeri studentskih radova



VAZDUHOPLOVSTVO

Šta možete da radite?



- Образovne ustanove
- Laboratorije, istraživački i opitni centri
- Projektni biroi
- Fabrike i remontni zavodi
- Aerodromi, heliodromi, letelišta
- Zdravstvene ustanove
- Zakonodavna, regulatorna i nadzorna tela

Šta možete da radite?



Образовне установе



VAZDUHOPLOVNA AKADEMIJA



VAZDUHOPLOVSTVO

Šta možete da radite?



Laboratorije, istraživački i opitni centri



Šta možete da radite?



Proizvodnja letelica, istraživanje i razvoj



Šta možete da radite?



Eksploatacija



Šta možete da radite?



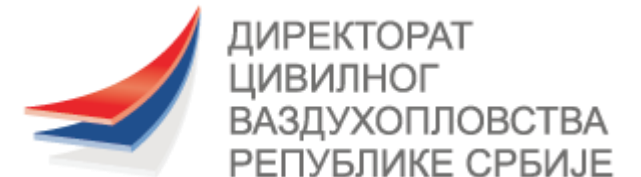
Održavanje



Šta možete da radite?



Ostale kompanije i institucije



Šta možete da radite?



Ostale kompanije i institucije



Šta možete da radite?



Ostale kompanije i institucije



BOSCH

Šta možete da radite?



Događaji katedre

Svečana odbrana projektnih zadataka





Катедра за ваздухопловство
Aerospace Engineering Department
— vaz.mas.bg.ac.rs —

Захваљујемо се свим институцијама и компанијама које су учествовале на свечаној јавној одбрани пројектних задатака из предмета
Пројектовање летелица 2022/23.
Универзитет у Београду - Машински факултет



До следећег виђења...

Šta možete da radite?



Studentski timovi



Šta možete da radite?



Vazduhoplovno i raketno modelarstvo



VAZDUHOPLOVSTVO

Šta možete da radite?



Sportsko vazduhoplovstvo



VAZDUHOPLOVSTVO



- Studirajte ono **što volite i za šta verujete da je budućnost** a ne ono što je samo trenutno aktuelno.
- Uvek pokušajte da **praktično primenite** ono što ste naučili.
- Pokušajte da okupite ili da se pridružite **timu ljudi** sa kojima želite da radite.
- Razmislite o tome da **se bavite vazduhoplovstvom.**

Hvala na pažnji!

Miloš D. Petrašinić 

mpetrasinovic@mas.bg.ac.rs

Nikola G. Raičević 

nraicevic@mas.bg.ac.rs