

Vysoká škola technická a ekonomická  
v Českých Budějovicích  
Ústav technicko - technologický



# Návrh a konstrukce třírotorového dronu se sklopnými předními rameny

**Autor bakalářské práce:** Jan Večerek

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Monika Karková, Ph.D.

**Oponent bakalářské práce:** Ing. Martin Podařil, Ph.D.

České Budějovice, únor 2021

# Motivace a důvody k řešení daného problému

- ▶ propojení teorie s praxí
- ▶ možnost realizace studentského projektu
- ▶ spolupráce s kroužkem 3D tisku
- ▶ práce s drony
- ▶ inovativní design modelu
- ▶ prohloubení zkušeností v programu Autodesk Inventor
- ▶ získání praxe v programování a pájení elektronických komponent

# Cíl bakalářské práce

- ▶ návrh a konstrukce třírotorového dronu se sklopnými předními rameny
- ▶ návrh konstrukce v programu Autodesk Inventor
- ▶ výroba jednotlivých komponentů pomoci 3D tiskárny
- ▶ analýza konstrukce dronu pomocí metody konečných prvků
- ▶ získání technických výpočtů, výkresů a finálního návrhu trikoptyéry

# Výzkumný problém

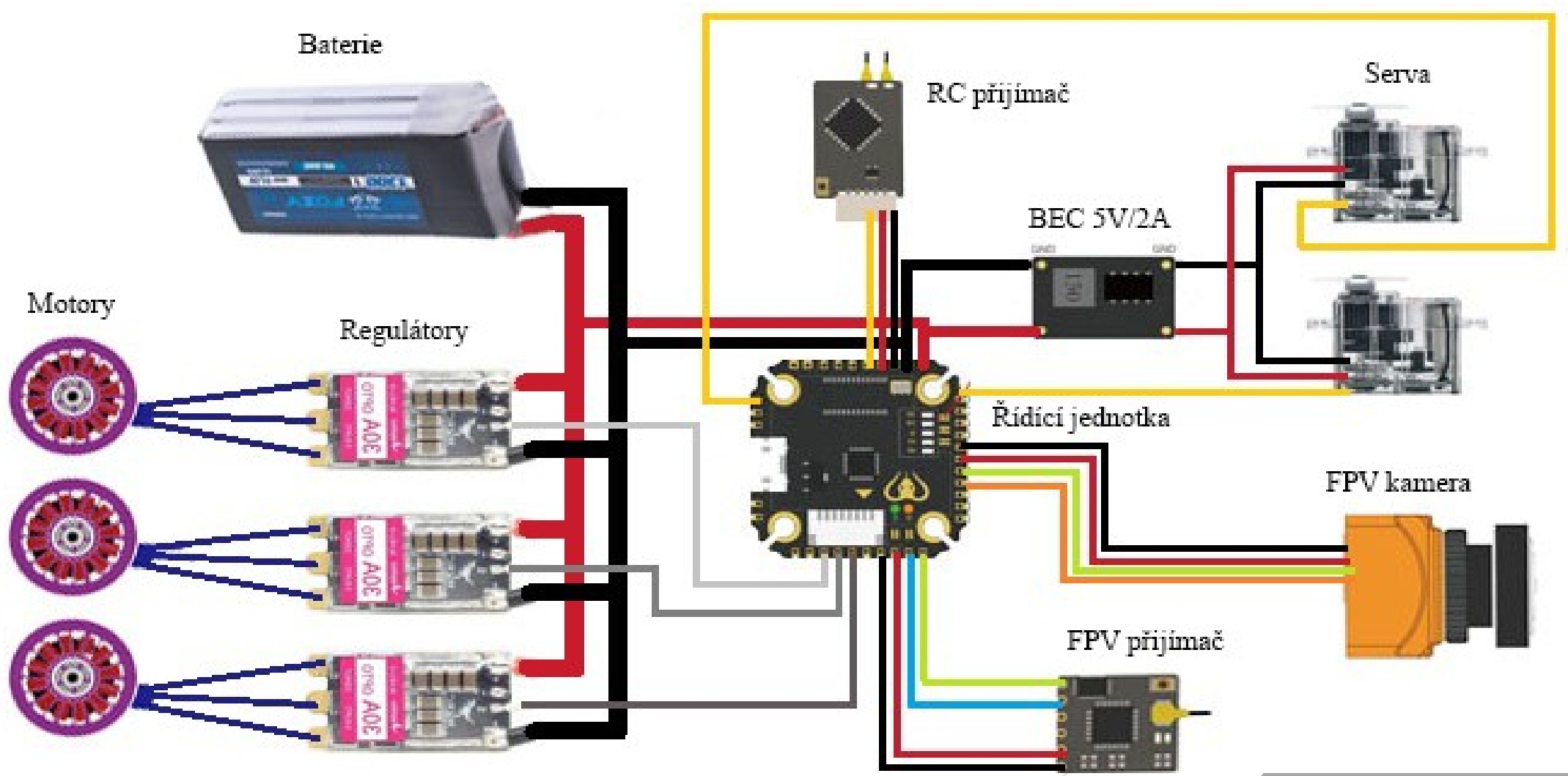
- ▶ volba materiálu
- ▶ pohybové funkce dronu
- ▶ jednoduchost konstrukce
- ▶ nejvíce namáhané díly
- ▶ odlehčení konstrukce
- ▶ testování konstrukce



# Metodika práce

- ▶ sběr informací
- ▶ návrh elektronického schématu zapojení
- ▶ výroba jednotlivých dílů a přiřazení materiálů
- ▶ vygenerování soukolí převodového mechanismu
- ▶ sloučení do sestavy
- ▶ testování předních ramen pomocí FEM
- ▶ programové převedení z formátu (.ipt) na (.stl), získání G kódu
- ▶ tisk komponent z PETG
- ▶ naprogramování řídicí jednotky a zapojení elektroniky

# Schéma zapojení elektroniky



# Použité materiály

## PETG

(polyethylene terephthalate glycol)



Identita	Vzhled	Fyzikální
<b>Informace</b>		
<b>Základní tepelné</b>		
Tepelná vodivost	3,000E-01 W/(m·K)	
Měrné teplo	2,287 J/(g·°C)	
Koefici...ažnosti	0,702 μm/ (m·° C)	
<b>Mechanické</b>		
Chování	Izotropní	
Youngův modul	27,579 GPa	
Poisson...nstanta	0,42	
Modul ... smyku	1240,000 MPa	
Hustota	1,541 g/cm <sup>3</sup>	
<b>Pevnost</b>		
Mez průtažnosti	54,400 MPa	
Pevnost v tahu	55,100 MPa	

## CFRP

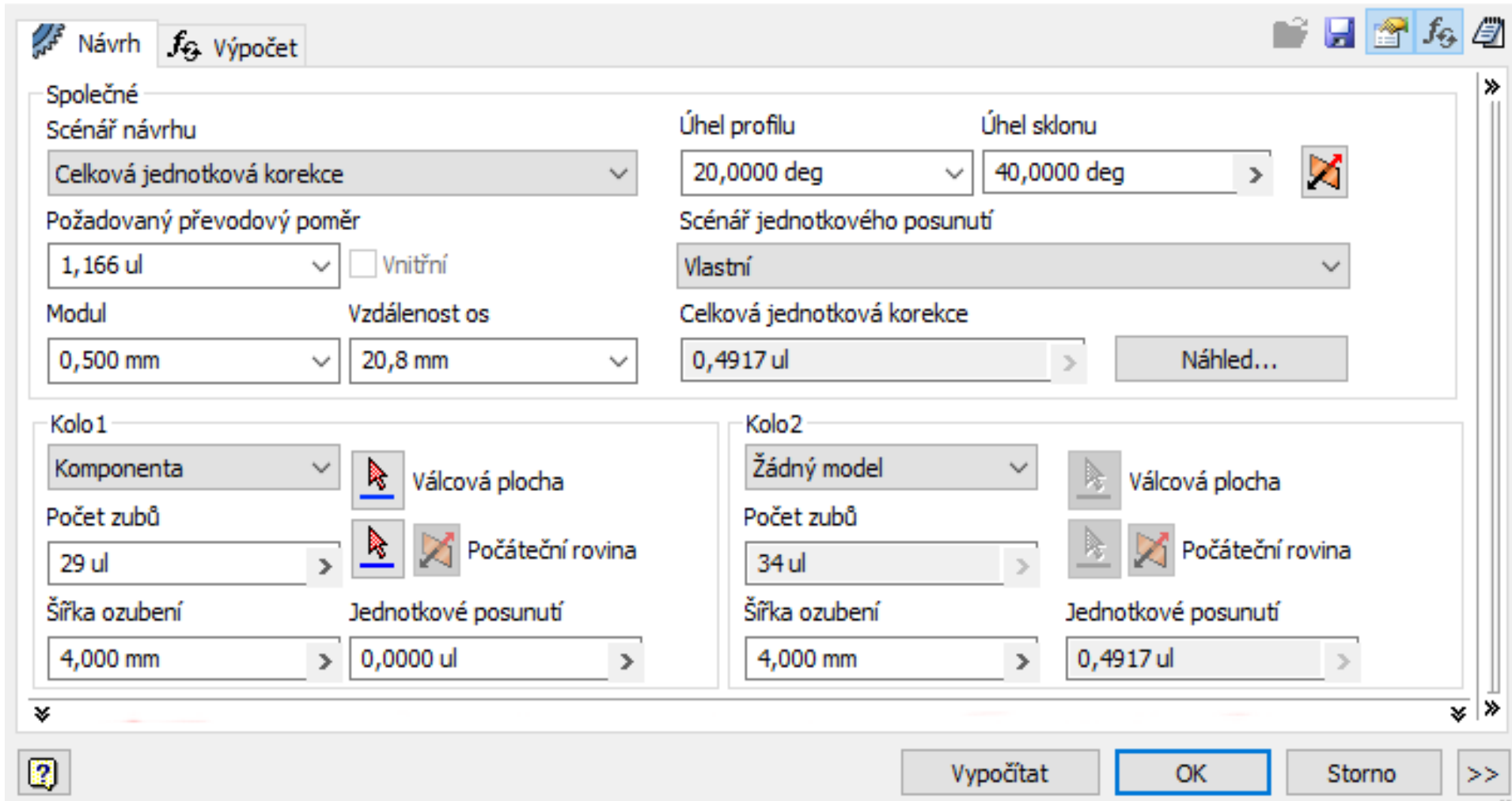
(carbon fiber reinforced polymer)



Identita	Vzhled	Fyzikální
<b>Informace</b>		
<b>Základní tepelné</b>		
Tepelná vodivost	1,050E+02 W/(m·K)	
Měrné teplo	1,130 J/(g·°C)	
Koeficient t... roztažnosti	9,930 μm/ (m·° C)	
<b>Mechanické</b>		
Chování	Izotropní	
Youngův modul	133,000 GPa	
Poissonova konstanta	0,39	
Modul pruž...i ve smyku	53000,000 MPa	
Hustota	1,430 g/cm <sup>3</sup>	
<b>Pevnost</b>		
Mez průtažnosti	300,000 MPa	
Pevnost v tahu	577,000 MPa	

# Převodový mechanismus

Generátor komponent – čelní ozubená kola



The image shows a software window titled "Generátor komponent – čelní ozubená kola" with a close button (X) in the top right corner. The window has two tabs: "Návrh" (Design) and "Výpočet" (Calculation). The "Výpočet" tab is active. The interface is organized into several sections:

- Společné (Common):**
  - Scénář návrhu: Celková jednotková korekce (dropdown)
  - Požadovaný převodový poměr: 1,166 ul (dropdown),  Vnitřní (checkbox)
  - Modul: 0,500 mm (dropdown)
  - Vzdálenost os: 20,8 mm (dropdown)
  - Úhel profilu: 20,000 deg (dropdown)
  - Úhel sklonu: 40,000 deg (dropdown)
  - Scénář jednotkového posunutí: Vlastní (dropdown)
  - Celková jednotková korekce: 0,4917 ul (dropdown)
  - Náhled... (button)
- Kolo1 (Gear 1):**
  - Komponenta: Komponenta (dropdown)
  - Počet zubů: 29 ul (dropdown)
  - Šířka ozubení: 4,000 mm (dropdown)
  - Jednotkové posunutí: 0,0000 ul (dropdown)
  - Icons:  Válcová plocha,  Počáteční rovina
- Kolo2 (Gear 2):**
  - Žádný model (dropdown)
  - Počet zubů: 34 ul (dropdown)
  - Šířka ozubení: 4,000 mm (dropdown)
  - Jednotkové posunutí: 0,4917 ul (dropdown)
  - Icons:  Válcová plocha,  Počáteční rovina

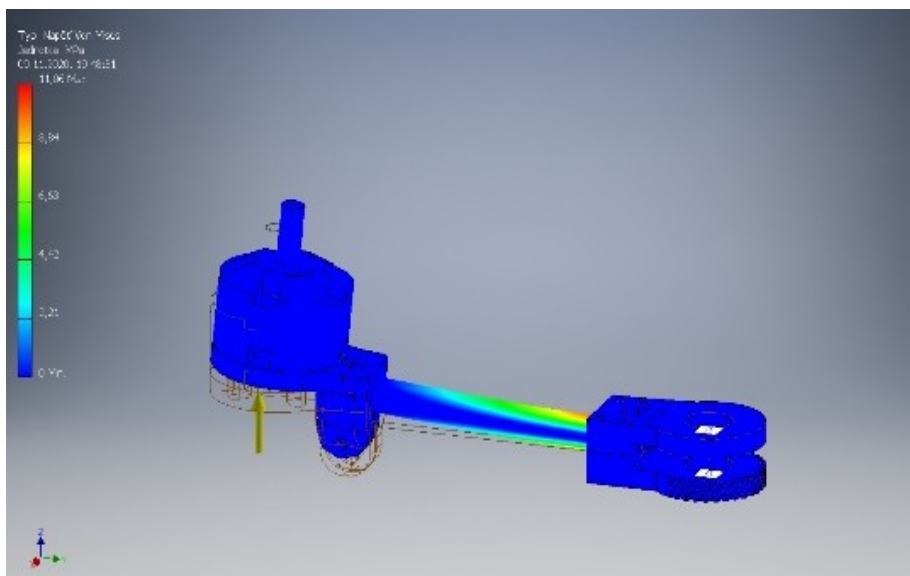
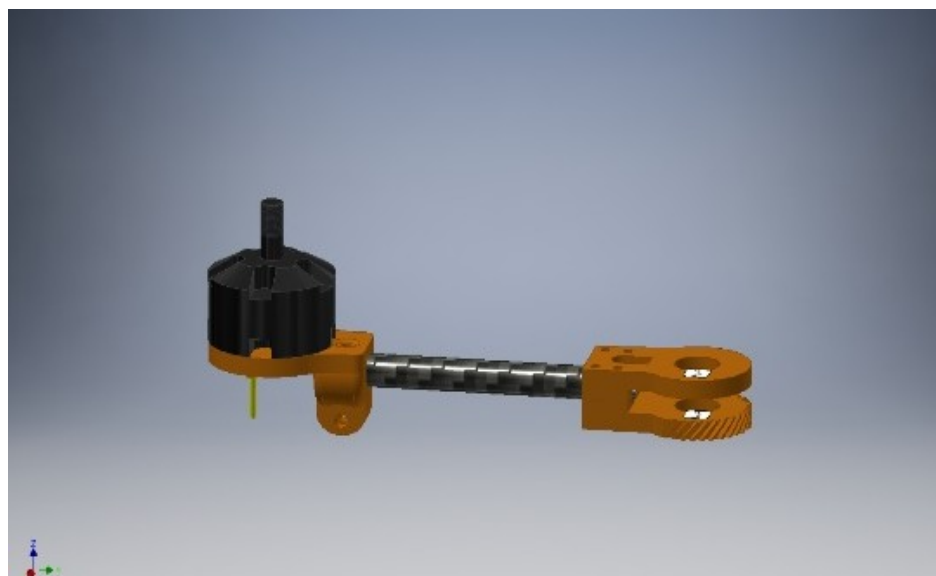
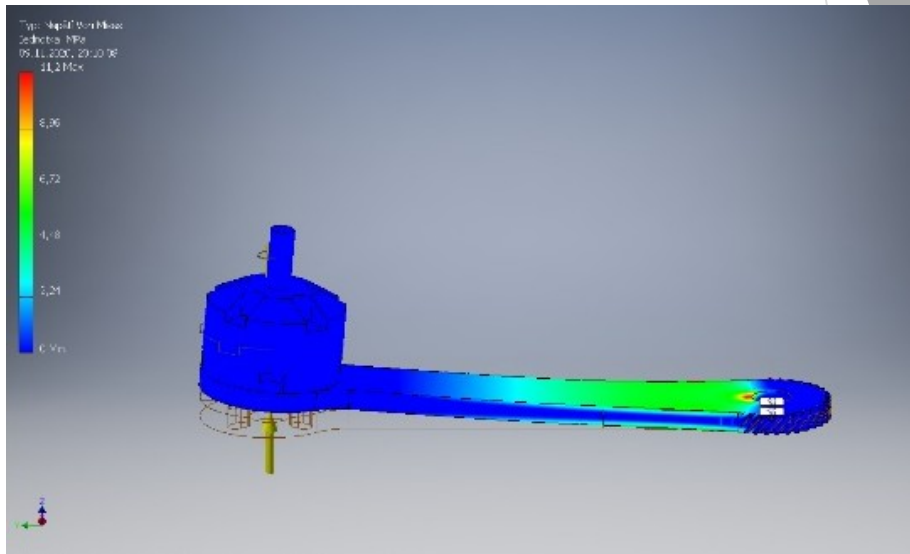
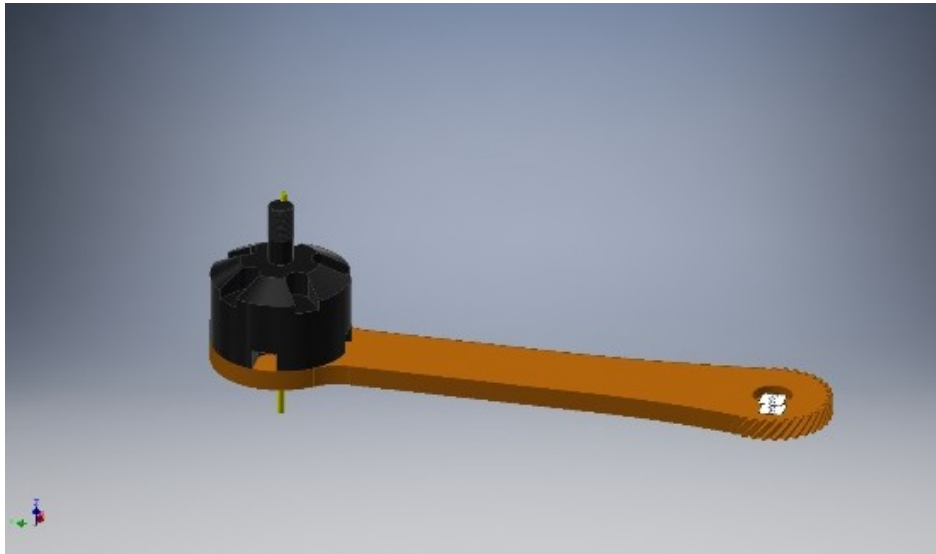
At the bottom of the window, there are buttons: "Vypočítat" (Calculate), "OK" (highlighted with a blue border), "Storno" (Cancel), and a right arrow button (»).



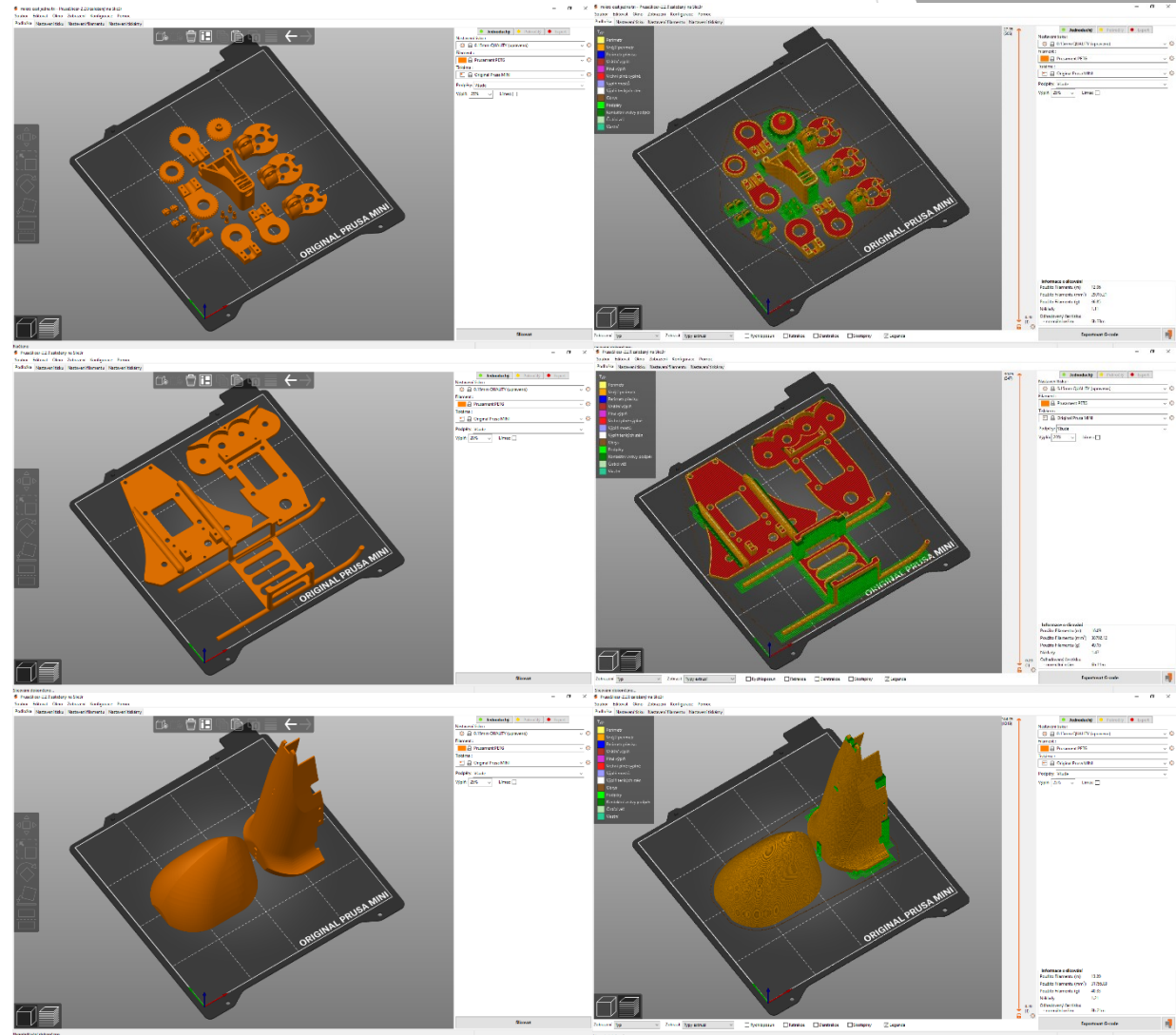
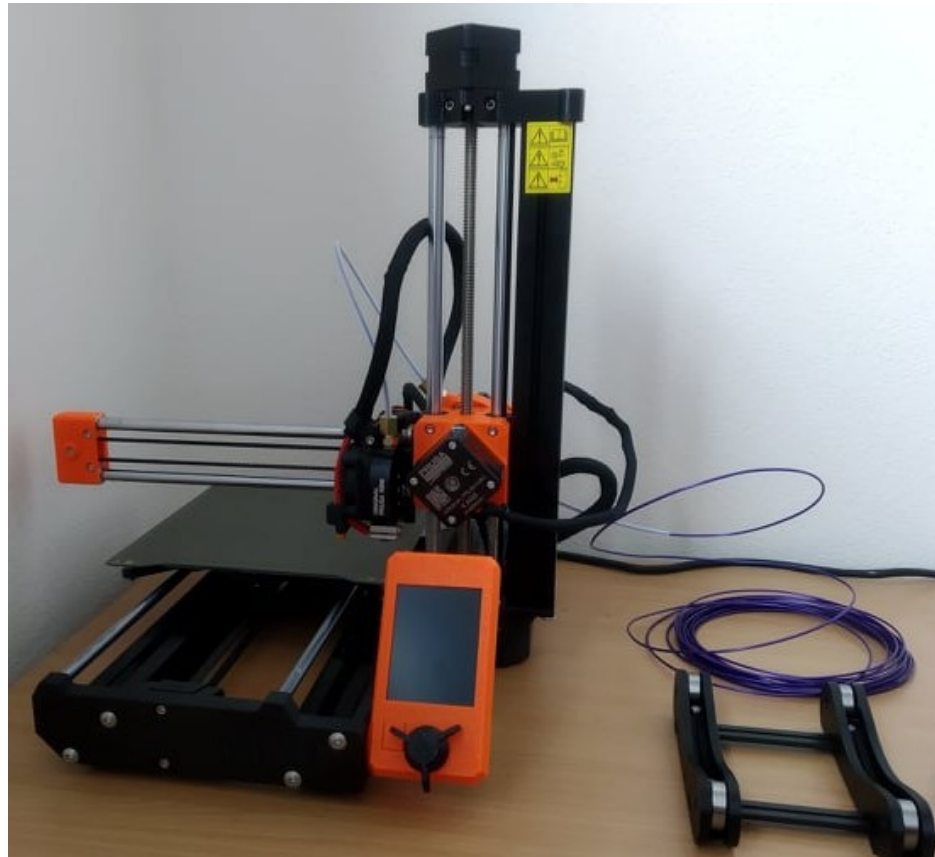
# Video rozkladu sestavy



# FEM - Finite element method



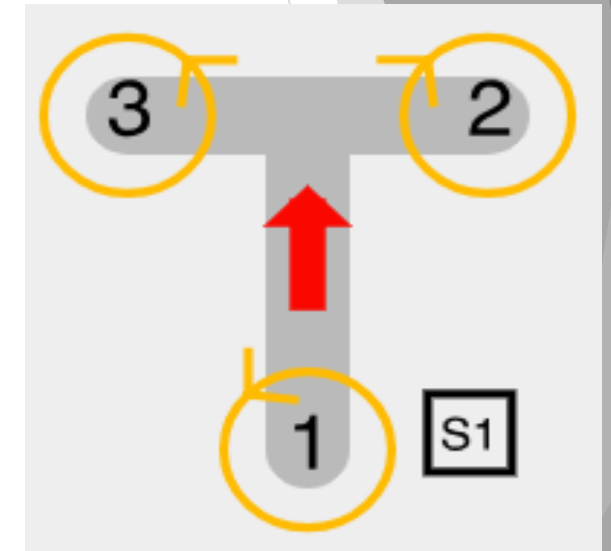
# Tisk komponent



# Betaflight Configurator



The screenshot shows the Betaflight Configurator interface. At the top, there's a header with the Betaflight logo, version information (Configurator: 10.5.1, Firmware: BTFL 3.1.7, Target: AFNA), and a status bar showing "2020-11-06 @ 10:51:03 -- Craft name: Tricopter". The main menu on the left includes Setup, Ports, Configuration, PID Tuning, Receiver, Modes, Motors, Blackbox, and CLI. The "Setup" page is active, showing three main sections: "Calibrate Accelerometer" (with a note to place the board on a leveled surface), "Calibrate Magnetometer" (with a note to move the multirotor 360 degrees), and "Reset Settings" (with a note to restore to default). Below these are "Backup" and "Restore" buttons. A central 3D model of a drone is shown with a "Reset Z axis, offset: 0 deg" button. To the right, there are "Info" and "GPS" sections. The "Info" section displays: Arming Disable Flags: \_\_\_\_\_, Battery voltage: 0 V, Capacity drawn: 0 mAh, Current draw: 0.00 A, RSSI: 50%. The "GPS" section shows: 3D Fix: \_\_\_\_\_, Sats: \_\_\_\_\_, Latitude: \_\_\_\_\_, Longitude: \_\_\_\_\_. At the bottom, there are "Instruments" showing two circular gauges. The status bar at the very bottom displays: Port utilization: D: 14% U: 3%, Packet error: 0, I2C error: 0, Cycle Time: 1010, CPU Load: 11%, Firmware: BTFL 3.1.7, Target: AFNA, Configurator: 10.5.1 (7c3c3ef9d).



# Výsledky a přínos práce

- ▶ vymodelování dronu v programu Autodesk Inventor
- ▶ vytvoření funkční převodovky
- ▶ testování v programu Autodesk Inventor
- ▶ vytištění součástí (výplň 25 %)
- ▶ programování a spárování s RC soupravou
- ▶ praktické využití FPV systému
- ▶ výuka studentů

# Otázka od oponenta

Dá se pohyb ramen trikoptyéry ovládat i za letu, nebo je účelem tohoto pohybu ramen jen lepší uskladnění trikoptyéry, resp. úspora místa?

- ▶ Prvotní záměr - úspora místa
- ▶ Pohyb ramen se dá ovládat i za letu
  - ▶ změna polohy těžiště
  - přídavné kamerové systémy
  - akrobatické prvky

**Děkuji za pozornost**