

## Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A3: Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů

**NPO\_TUL\_MSMT-16598/2022**



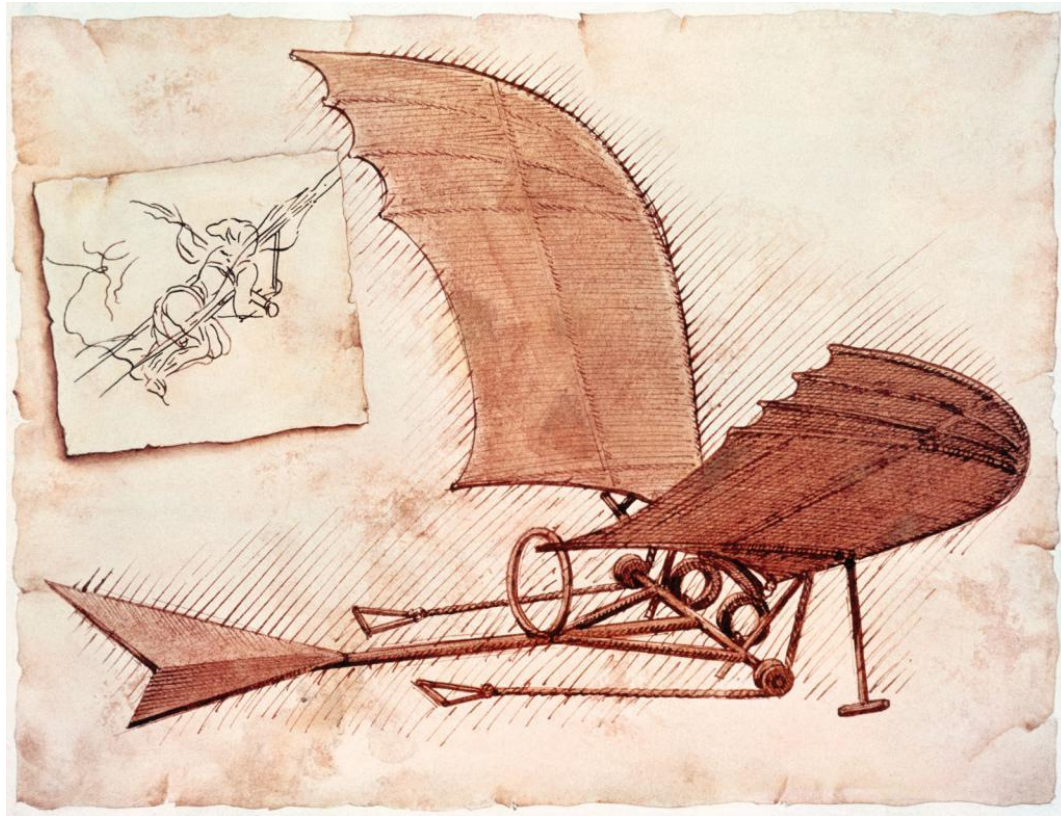
## Řešení konstrukčních úloh ve strojírenství



Ing. Pavel Brabec, Ph.D. - Ing. Robert Voženílek, Ph.D.

## Tvůrčí práce

Tvůrčí práce: Realizace nápadů a myšlenek s cílem navrhnout řešení stroje, zařízení, technologie, materiálu a jeho zpracování (obecně technického díla), které se bude vyznačovat novostí, příp. bude optimalizovat existující stroj, zařízení, dílo. Předmětem tvůrčí práce jsou rovněž systémy organizace řízení strojírenského podniku, provozu apod.



# Tvůrčí práce

Historický vývoj:

**Středověk (15. století)** – nákresy pro zhotovení nových výrobků (Leonardo da Vinci – zrod inženýrského myšlení).

**16. století:** Začátky vědecké revoluce – stavitelství, báňská technika, podnikání v raném novověku, hledání zdrojů energie, **v Anglii 1624 založen Patentový úřad.**

**17. století:** Začátky nových pracovních metod – metodika vědecké práce (1679 Hook zveřejnil vztah mezi vnější silou a deformací, 1807 Young zavedl pojem modul pružnosti), ve Francii Ludvík XIV a jeho podpora stavitelství, čerpání vody, Huygensovy a Papinovy pokusy s pístovými stroji.

**18. století** v Anglii atmosférické parní stroje pro čerpání vody – pára sloužila jako prostředek k vytvoření podtlaku (1712 - parní stroje zpočátku ze dřeva a zdiva a až později použití kovů), průmyslová revoluce, 1738 Bernoulliho zákon pro měrnou energii kapaliny, 1754 Eulerovo řešení výpočtů lopatkování hydrodynamických strojů, 1769 Wattův patent na přetlakový parní stroj – hnací stroj průmyslové revoluce.

**19. století** – průmyslová revoluce – stroje vyrábějí stroje: základy výkresové dokumentace s údaji pro výrobu, zavádění sériovosti s požadavky na zaměnitelnost dílů, tolerance rozměrů.

**20. století** – rozvoj fyziky a aplikace poznatků pro optimalizaci a analýzu technických problémů zpočátku s využíváním intuice a experimentů, postupně ale prosazení nových metod: myšlenka – teoretický výpočet – shrnutí a analýza poznatků a zkušeností – funkční vzorek – zkoušky a úpravy – výrobní dokumentace.

**Zavedení postupu: výzkum – vývoj – výroba – užití**

**Od r. 1980:** projektování a konstruování s podporou počítačů, výstupy pro číslicově řízená výrobní zařízení, flexibilita výroby.

# Tvůrčí práce

## Patenty:

<https://upv.gov.cz/>



<https://www.epo.org/en/searching-for-patents>



## TRIZ:

Metodika TRIZ vznikala postupně od r. 1946 na základě studia patentů, zobecňováním úspěšných postupů řešení, které dovedly vynálezce k novému technickému řešení. Bylo zjištěno, že silná řešení (řešení vyšších inovačních řádů a úrovní invence) jsou dosahována poměrně malým počtem používaných, studovatelných, osvojitelných a opakovatelných postupů objektivně vedoucích řešitele k inovačnímu řešení. Poznání těchto postupů, jak zdokonalovat techniku, zvyšuje efektivitu studia i řešení technických inovací v praxi.

TRIZ vede uživatele metodicky od nejasné problémové situace, přes analýzu objektu zájmu k formulaci správných inovačních problémů, tzn. inovačních zadání a následně od zadání k odvození správně zformulovaných typových invenčních úloh, až nakonec k ideovým návrhům jejich variantních řešení.

## Konstrukční práce

**Konstrukční práce** ve velké míře determinují, jak je produkt vyráběn a co bude stát jeho výroba. **Výrobní náklady jsou ovlivňovány především konstrukcí výrobku – až ze 70%.**

## Konstruktor a jeho přehled

**Konstruktor** musí mít přehled o současném stavu:

- konkurenčních výrobků na trhu
- normalizovaných dílech
- strojírenských materiálech
- technologiích výroby
- výpočetních metod a zároveň mít základy mechaniky, pružnosti a pevnosti

## Typizované díly v konstrukci strojů

Databáze typizovaných komponent

<https://www.traceparts.com/en>



<https://www.3dmodelspace.com/prolibrary.html>



<https://uk.misumi-ec.com>



## Části konstruování

**Konstruování zahrnuje dvě základní části:**

- modelování
- výpočty

### Modelování

**Konstrukční úlohy** se převážně řeší na počítači a modely a výkresy existují v elektronické formě.

**Rozdělení:**

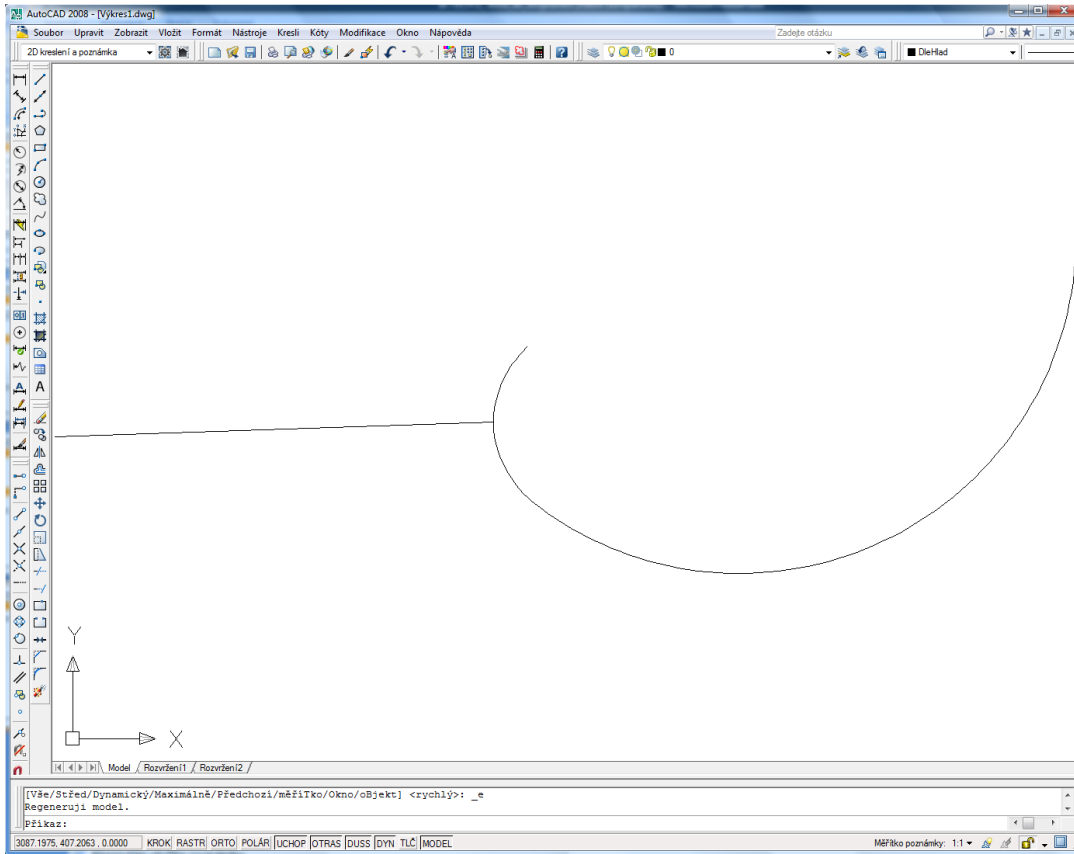
- 2D kreslení
- 3D modelování

Vývoj 2D systémů byl prakticky ukončen v roce 1987.

Vývoj 3D systémů byl prakticky ukončen v roce 1996.

# 2D kreslení

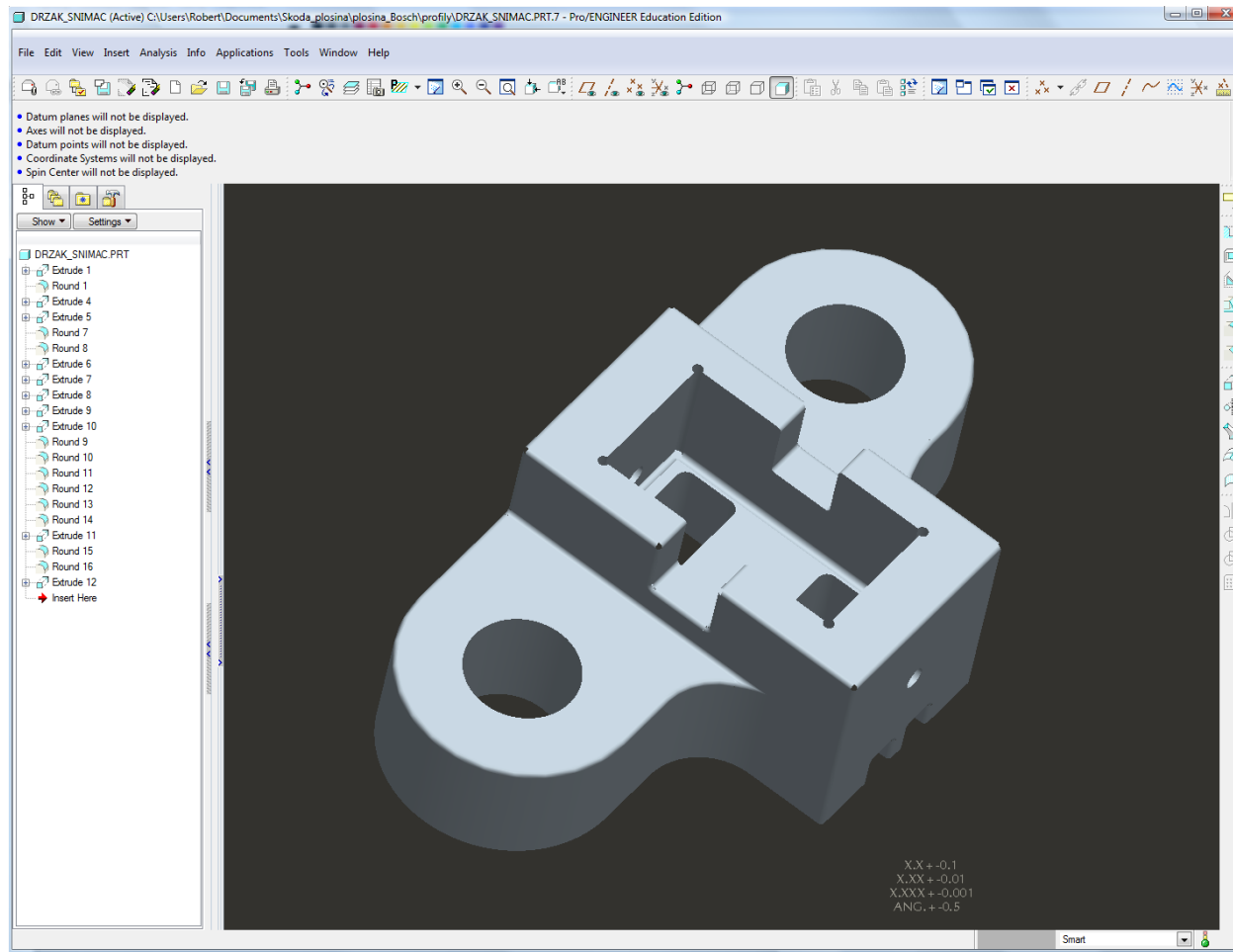
Základem 2D kreslení je entita nebo objekt (úsečka, oblouk, kružnice atd.)





# 3D modelování

Základem 3D modelování je prvek (objem, skořepina, žebro, díra atd.)



# Modelování

Při modelování všech dílů je nutné používat tolerance:

rozměrové

geometrické

drsnot povrchu

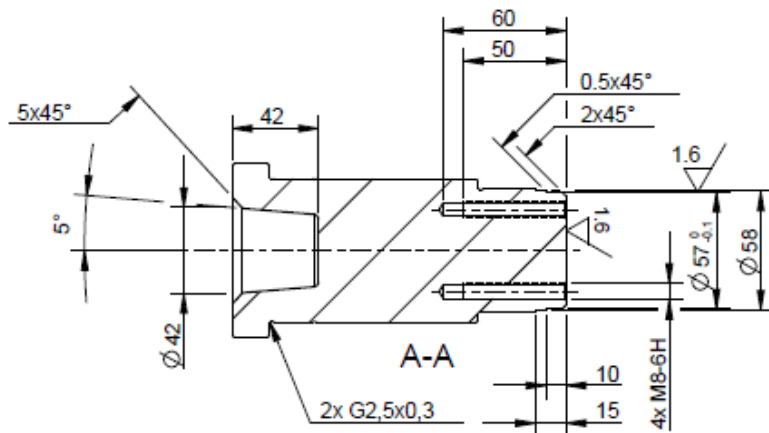
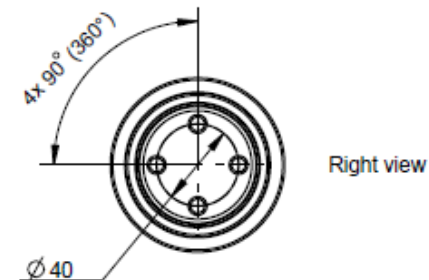
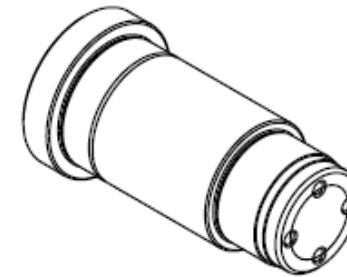
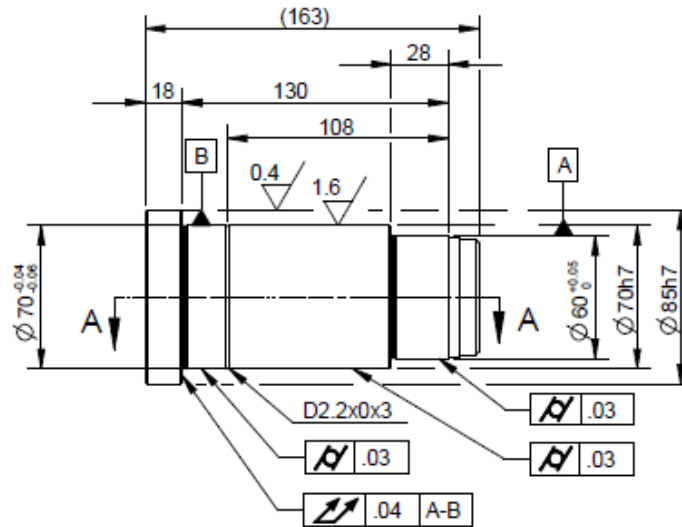
Při konstrukci strojů se vytvářejí modely, sestavy a výkresy dílů a sestav těles.

Důležitým prvkem je nastavení norem technického kreslení: formát výkresu, rohových razítek, kusovníku a ostatních tabulek, kreslení kót, technických značek.

Pro 3D modelování se formáty nepoužívají. Velikost prostoru pro model či sestavu nemá v podstatě omezení.

# Výkresová dokumentace

3.2 / ( 1.6 / 0.4 )

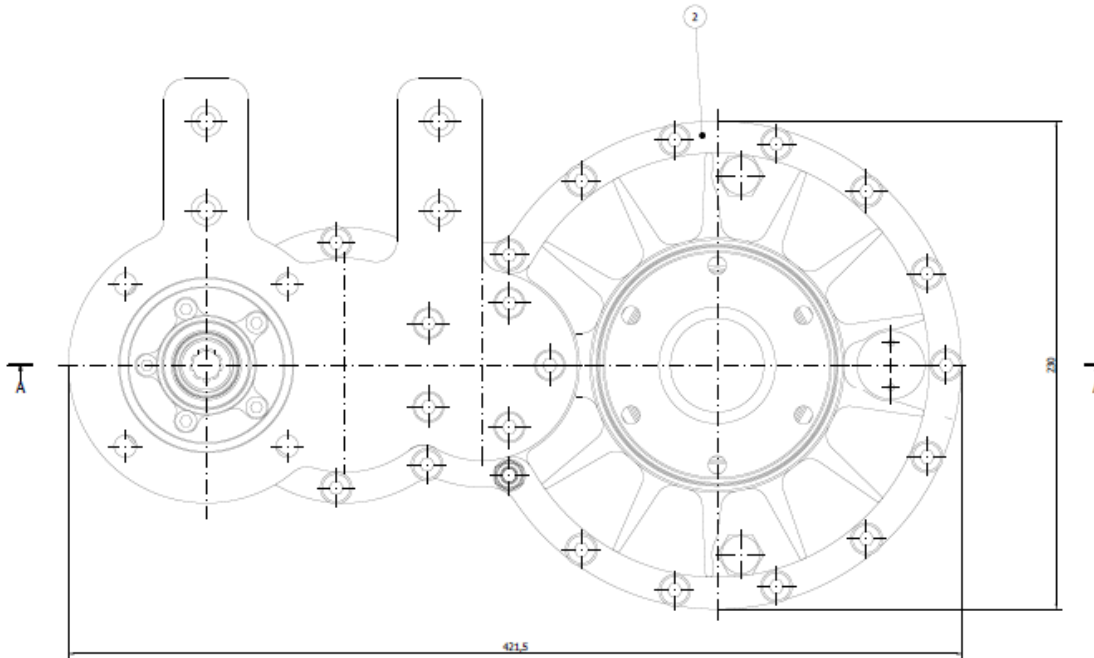
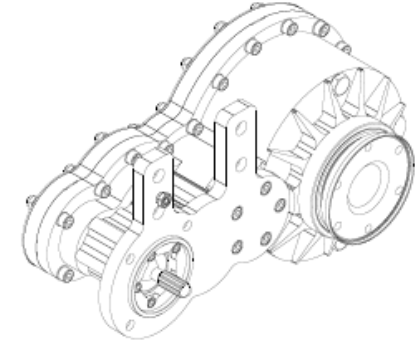
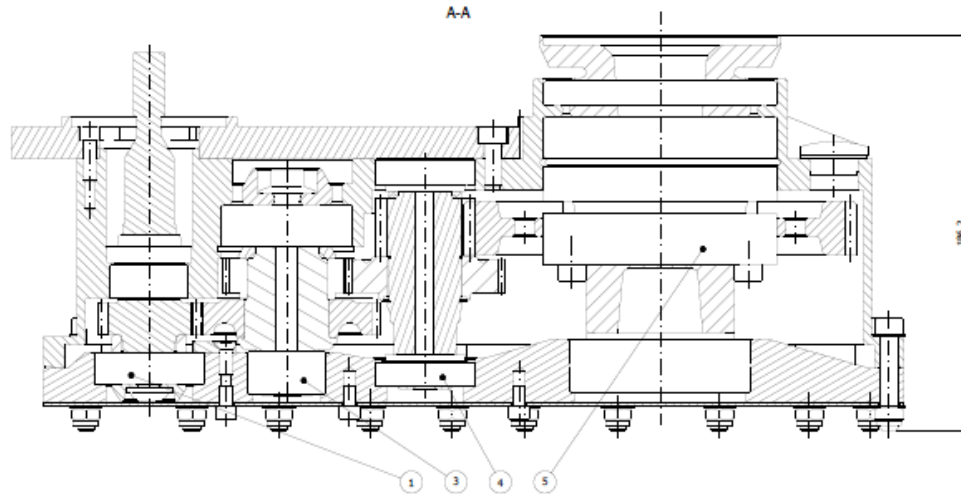


zaoblení ve vybrání hřídele: min. R5  
nekótovaná sražení:  $1 \times 45^\circ$

Roz. Prib. TVČ KR 90 - 200A - 42 5510 12		CI	Mateř. StV AW 7075 T6	Tř. syp.	ISO 8015
		SI	C. hmot. 1.48 kg	hř. hmot. 3.45 kg	ISO 2768-mK
Stavka		Datum	Stav	Podpis	 <b>TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI</b> <a href="http://www.tul.cz">www.tul.cz</a>
Měřko	1:2	1 KUS	Kreslil	Jakub Jacek	
C. sestavení			Prochováno		Název 171_VYSTUPNI_HRIDELE_EXP
C. sestavy	180		Technolog		
Stávy výst.			Škvalit		Čís. výkresu KVM-DP-730-000-001-160-171
Návy výst.			Datum	4.3.2020	1:1 18/1

# Výkresová dokumentace

VYTVOŘENO VE STUDENTSKÉ VERZI PRODUKTU AUTODESK



- Montáž litiniek:**
- dle kódu očistit střívkové plochy litiniek na vřetěni pomocí Loctite 7063
  - nahřít přehřáté díly vlněně na 120°-200°C a následně osadit ložisky
  - do montáže litiniek osadit všechny potřebné prvky
- Montáž kalených pouzder:**
- všechny osadit do vertikální polohy, nahřít pouzdra na 150-200°C a následně gravitačně osadit
- Montáž sklenicích kroužků:**
- po vyčištění sklenicích očistit dosádky plochy pomocí Loctite 7063
  - namazat malé množství plastického mýdla na sklenicích bity a dosádky plochy
  - provést montáž pod tlakem
- Montáž hřídelí do vřetěna:**
- postupovat od sestavy výstupního hřídele (100) po vstupní (100)
  - vyměřením vůle sestavy 140
  - po uzavření sestavy převodovky do dílu sklenic Vlo a Dewia provést měření sklenic vůle hřídele 140
  - zvolit vhodnou vyměřovací podložku pro zajištění přesnosti 0,05mm
- Montáž dílů sklenic:**
- osadit dosádky plochy dílů pomocí Loctite 7063
  - namazat sklenicí vnitřní směsí
  - osadit sklenic, namazat sklenicí pach a dobitnou potřebnou šrouby na moment 40 Nm
- Zbytek dílů:
- osadit vřetěnkův šrouby a statorník

Číslo	Název	Objem	Stav	Podpis
1	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
2	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
3	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
4	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
5	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
6	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
7	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
8	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
9	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
10	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
11	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
12	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
13	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
14	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
15	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	
16	100 - VŘETĚNKOVÝ ŠROUB	1	OK	

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní

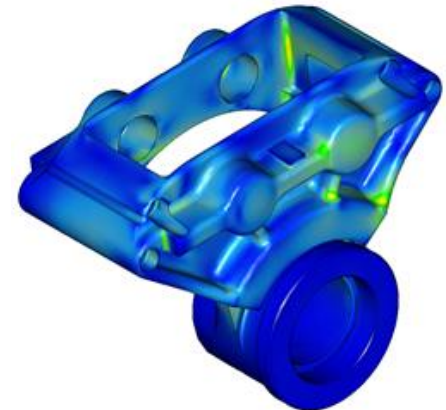
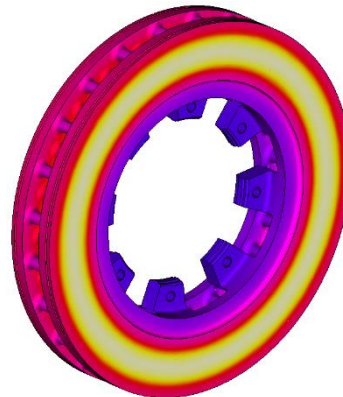
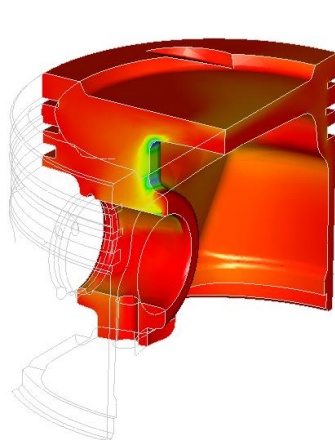
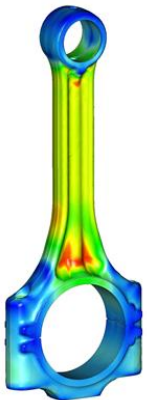
001\_SESTAVA\_PŘEVODOVKA\_4  
KVN-DP-730-000-001

VYTVOŘENO VE STUDENTSKÉ VERZI PRODUKTU AUTODESK

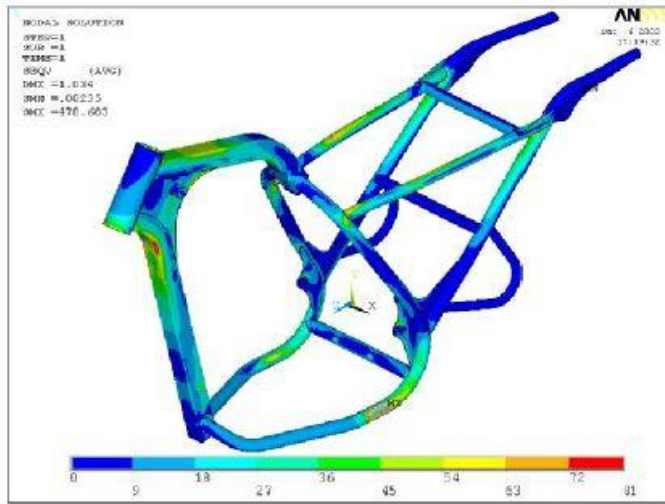
## Výpočty

Vytvořený model převedeme do výpočetního systému používajícího k určení pružnostně-pevnostních vlastností tělesa nebo sestavy výpočty metodou konečných prvků.

**Metoda konečných prvků** je numerická metoda sloužící k simulaci průběhů napětí, deformací, vlastních frekvencí, proudění tepla, jevů elektromagnetismu, proudění tekutin ad. na vytvořeném fyzikálním modelu. Její princip spočívá v diskretizaci spojitého kontinua do určitého (konečného) počtu prvků, přičemž zjišťované parametry jsou určovány v jednotlivých uzlových bodech. MKP je užívána především pro kontrolu již navržených zařízení, nebo pro stanovení kritického (nejnamáhanějšího) místa konstrukce. Ačkoliv jsou principy této metody známy již delší dobu, k jejímu masovému využití došlo teprve s nástupem moderní výpočetní techniky.



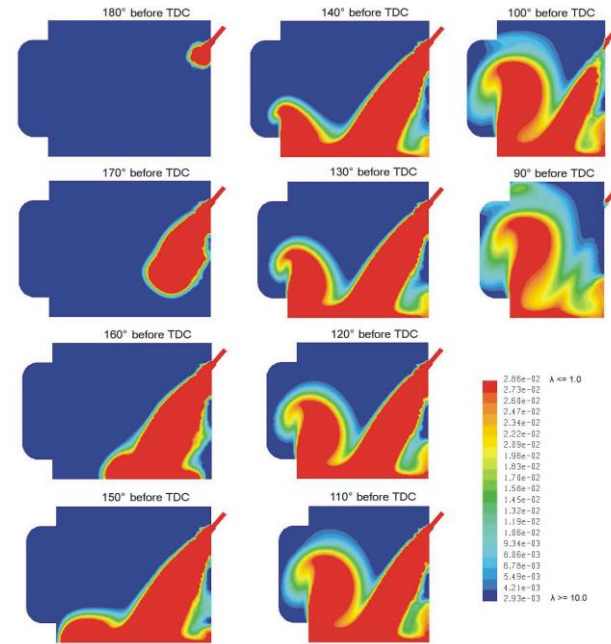
# Výpočty



Analýza napětí motocyklového rámu – sw ANSYS

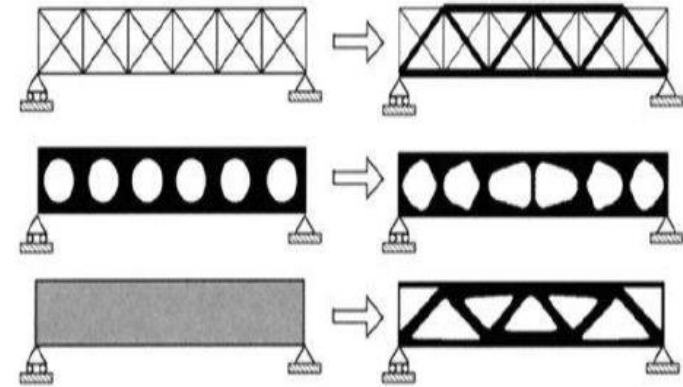
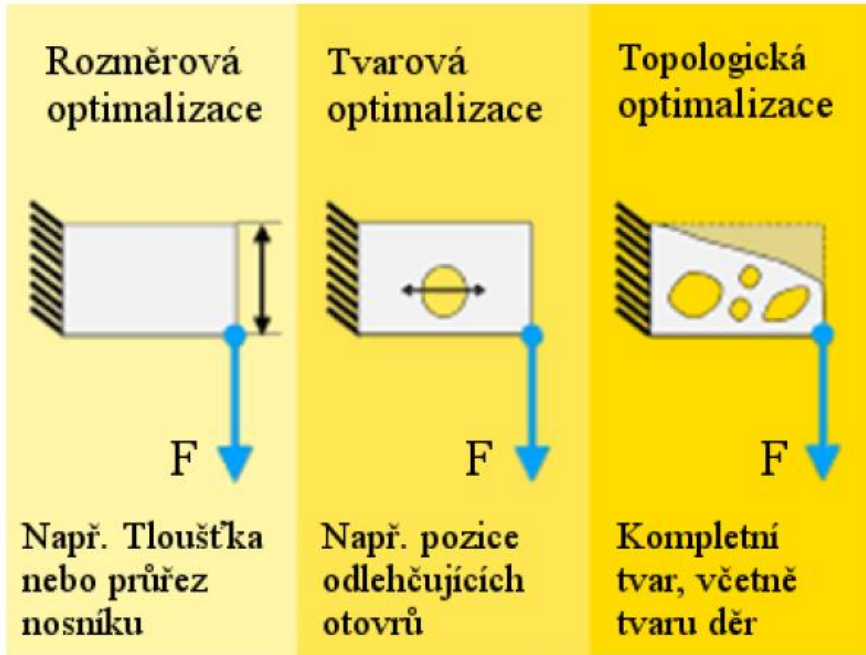
Ukázka z prací studentů

Simulace proudění ve spalovacím prostoru – sw FLUENT



# Výpočty

## Základní typy strukturálních optimalizací



## Další využití modelů

Dále lze vytvořené modely využívat například pro simulace procesu lití, tváření, tvorbu formy, simulaci obrábění a tvorbu CNC programů.

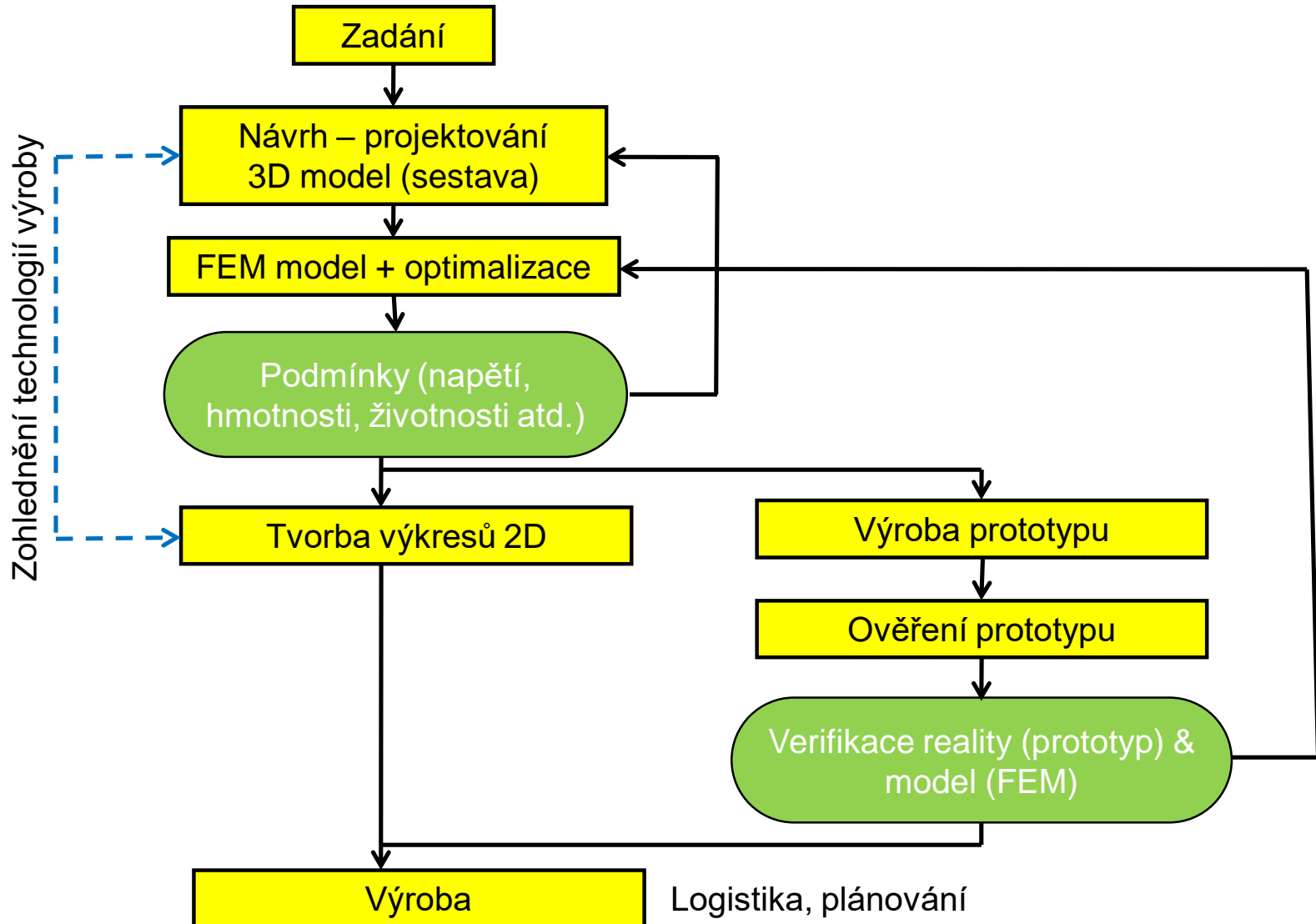
Modely si mohou také s sebou nést informace o povrchu, obsahovat bitové mapy pro reálné zobrazování a to pak použít na tvorbu katalogu, montážních pomůcek atd.

Model každé součásti může být doplněn algoritmem popisujícím jeho chování v závislosti na vstupních podmínkách. Na základě uživatelem definovaných požadavků na geometrické o hmotnostní parametry lze provádět jejich optimalizaci, zkoušet proveditelnost návrhu či pouze sledovat vliv určitého parametru na chování celého modelu.

Modely lze využít pro geometrickou analýzu křivosti ploch a křivek, kontrolu kolizí sestav, kontrolu kinematických vazeb.



# Schéma vývoje výrobku



# Týmová konstrukční práce

Mezioborové konstrukční / vývojové skupiny

Týmová práce (Open-plan offices)

Jazykové dovednosti



# Analýza rizik při návrhu strojů a zařízení



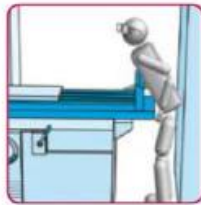
Puncturing, stabbing, shearing, severing, cutting



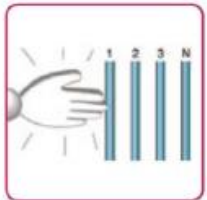
Catching, entanglement, drawing in, trapping



Impact



Crushing



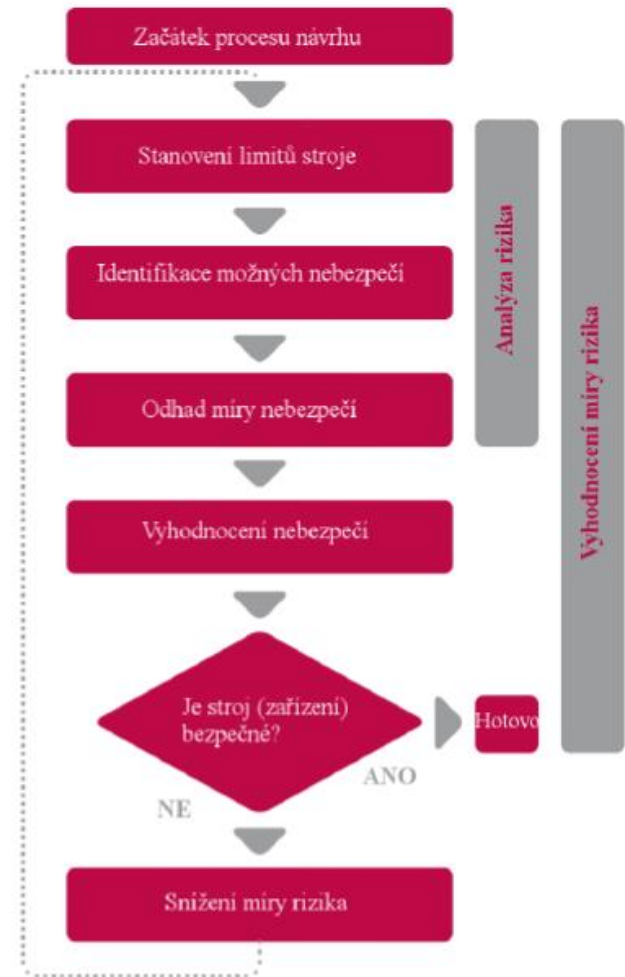
Electrocution



Discharge of dangerous substances



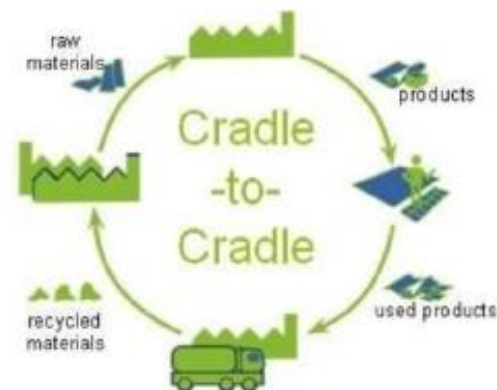
Burns



## Udržitelný design

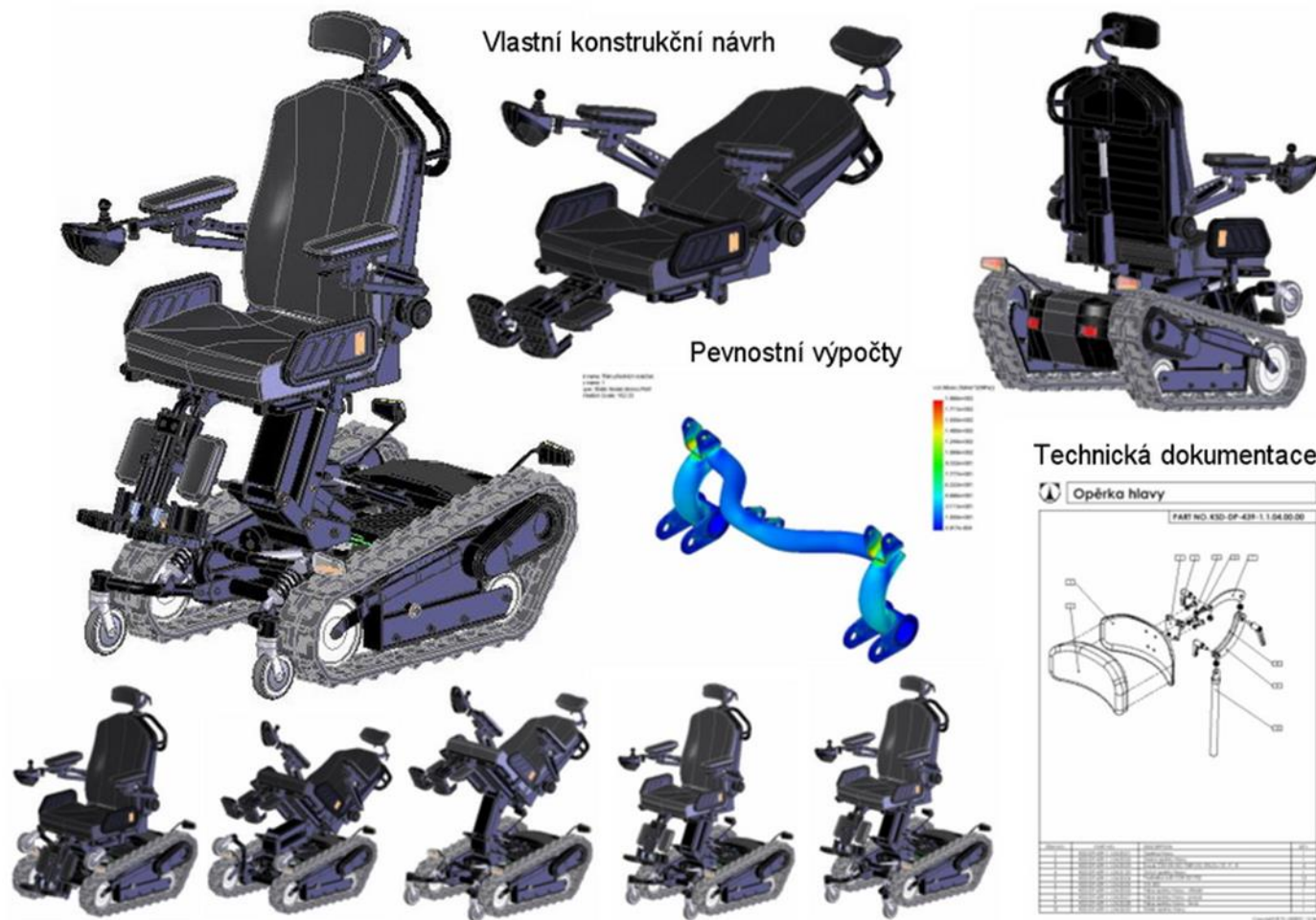
Udržitelný design (nazývaný také sustainable design, ekodesign, environmental design) je přístup k vývoji výrobku v souladu s principy ekonomické, sociální a ekologické udržitelnosti. Pojem „udržitelný design“ označuje komplexní soubor řešení, postupů a technologií, které umožňují navrhovat, vyvíjet a vyrábět produkty s minimálním dopadem na životní prostředí.

- konstrukční návrh s ohledem na snadnou recyklaci po použití daného výrobku/zařízení
- možnost demontáže produktu na materiálové celky pro snadnou recyklaci
- konstrukční návrh s ohledem na možné využití přírodních/recyklovaných materiálů



# Konstrukční práce studentů

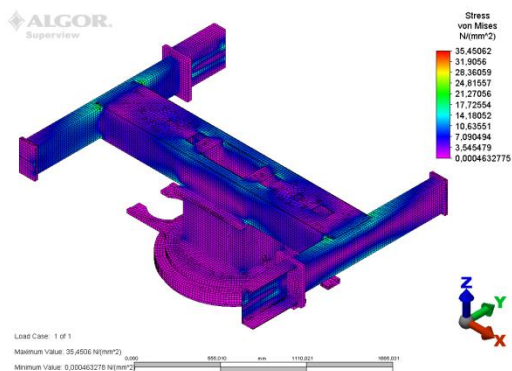
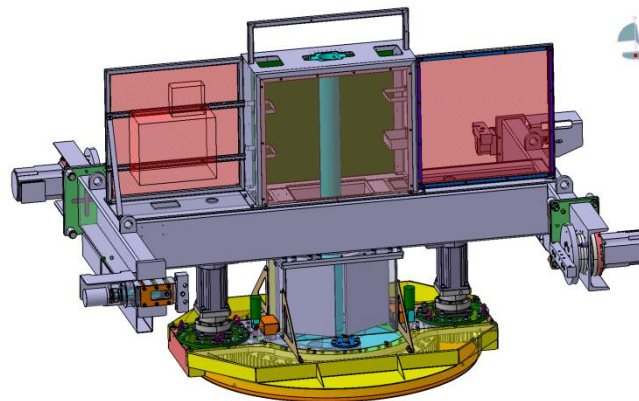
Martin Vančura: Konstrukce elektrického exteriérového invalidního vozíku s pásovým podvozkem



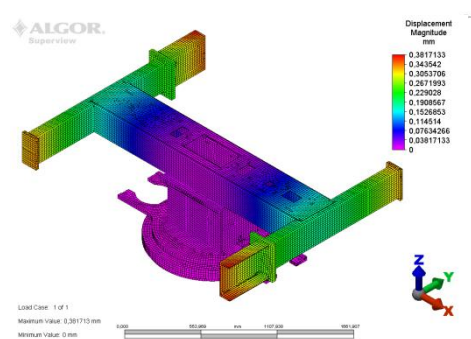
# Konstrukční práce studentů

Jan Dvořák : MECHANICKÁ ANALÝZA OTOČNÉHO STOLU BSC VYUŽÍVANÉHO PRO VÝROBU SVAŘENCE NÁPRAVY OSOBNÍHO AUTOMOBILU

Otočný stůl BSC ve standardní variantě



Rozložení napětí podle hypotézy H.M.H.



Deformace otočného stolu

# Konstrukční práce studentů

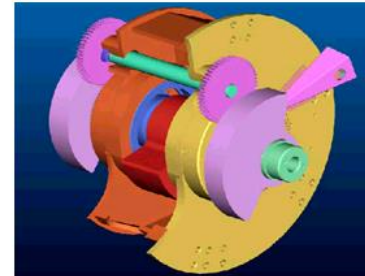
Martin Hušek: Budič vibrací tandemového válce VH950



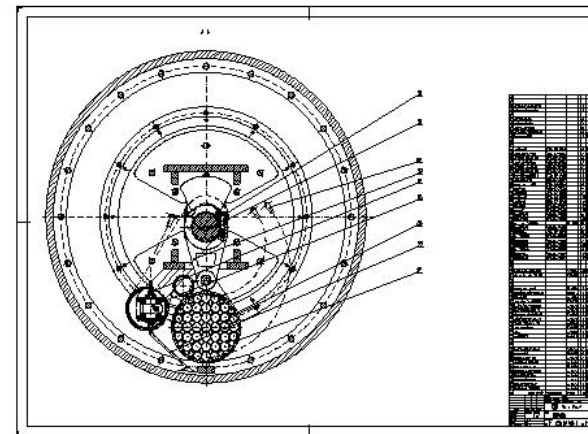
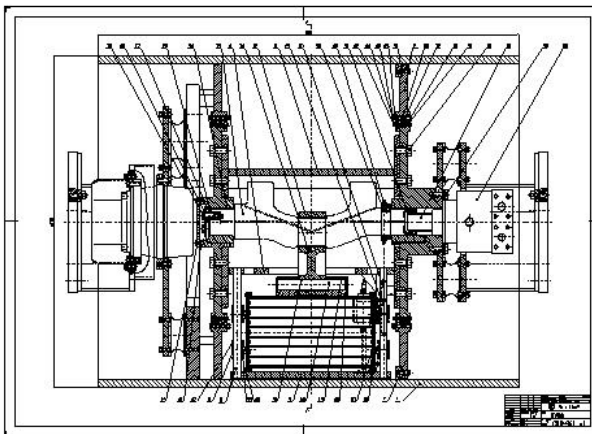
Tandemový vibrační válec VH 950



Budič kruhové vibrace



Budič usměrněné vibrace

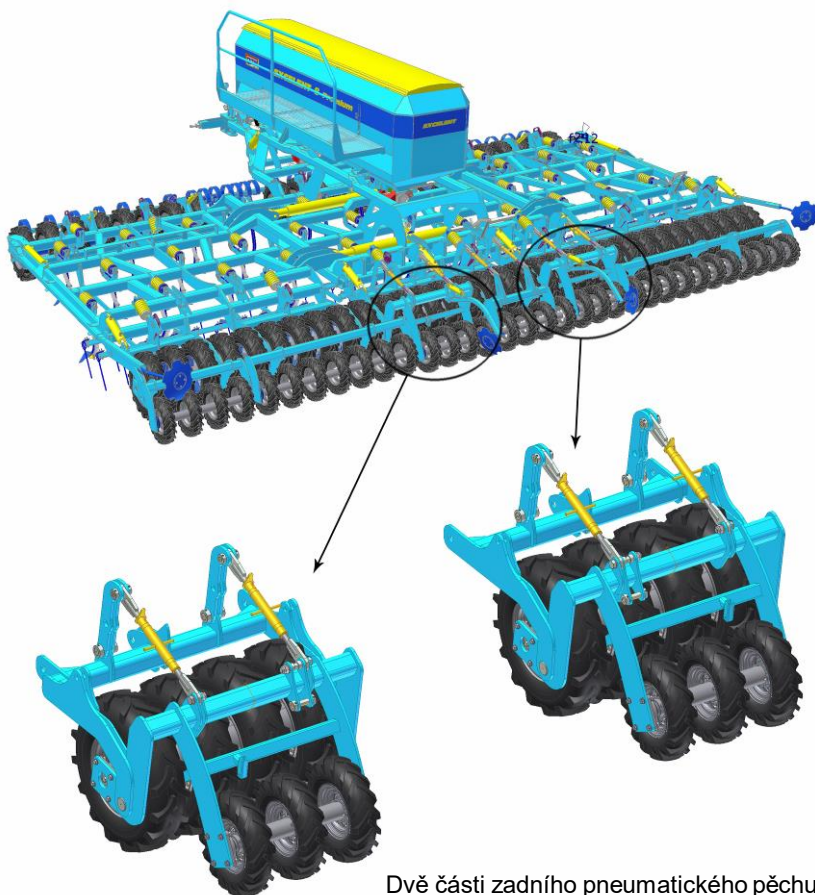


Nekonvenční budič usměrněné vibrace založený na nevyváženosti klikového mechanismu od posuvných hmot

# Konstrukční práce studentů

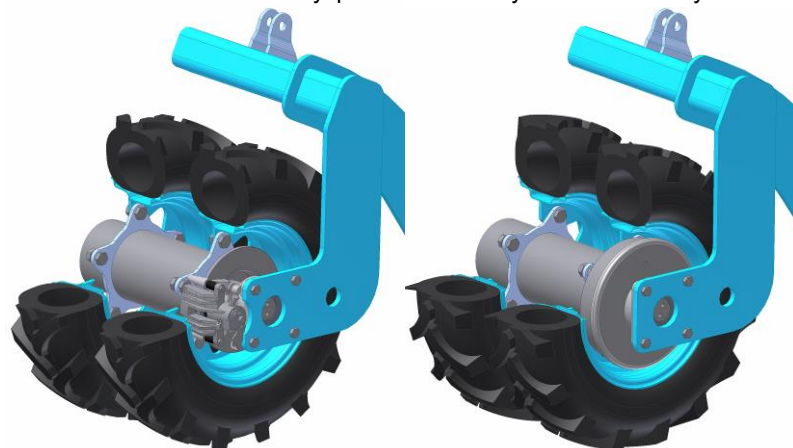
**Petr Lukášek : Konstrukce unifikované brzdové soustavy poloneseného stroje**

Radličkový secí stroj Excelent 8 Premium: pohled na zadní část



Dvě části zadního pneumatického pěchu sloužící jako přepravní náprava secího stroje

Zvažované varianty: použití kotoučových nebo bubnových brzd



Výsledná soustava: jednohadicová, vzducho-kapalinová

