

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Návrh a simulace mechanického namáhání propouštěcí  
branky pomocí CAD nástrojů**

Autor: Bc. Roman Slavík

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

České Budějovice, 2018

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Roman SLAVÍK**  
Osobní číslo: **Z16291**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**  
Název tématu: **Návrh a simulace mechanického namáhání propouštěcí branky pomocí CAD nástrojů**  
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

*Cíl práce:*

Student se v rámci diplomové práce zaměří na návrh propouštěcí branky s využitím CAD nástrojů. V úvodu práce stručně představí software pro CAD navrhování dostupný na současném trhu. Následně jeden vybraný produkt využije k návrhu propouštěcí branky. V programu zároveň vytvoří počítačový model mechanického namáhání branky a výpočet numericky zrealizuje. Na závěr provede diskuzi teoretických výsledků ve vztahu k namáhání reálného tělesa.

Práce bude koncipována tak, aby ji bylo možno využít při výuce jako doprovodný studijní materiál.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **50 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

1. **Technické kreslení a deskriptivní geometrie, ŠVERCL, J. Praha: Scientia, 2003, 441 s. ISBN 80-7183-297-9.**
2. **Technické kreslení, FOŘT, P. a KLETEČKA, J., Computer Press, a.s. 2005, 978-80-251-1887-0.**
3. **Strojnické tabulky - čtvrté doplněné vydání, LEINVEBER-VÁVRA, Albra-Úvaly 2008, 913 s. ISBN 978-80-7361-051-7.**
4. **SolidWorks. Vyd. 1.,VLÁČILOVÁ, H., VILÍMKOVÁ, M. a HENCL, L. Brno: Computer Press, 2006, 319 s. ISBN 80-251-1314-0.**
5. **Inventor: adaptivní modelování v průmyslové praxi, FOŘT, P. a KLETEČKA, J., Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0389-7.**
6. **TICKOO, Sham. CATIA: kompletní průvodce. Přeložil Jindřich JONÁK. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-3527-3.**
7. **Autodesk Inventor 2016 - Výukový manuál, Ing. Vítězslav DOLEŽÍ, Opava 2016, PDF.**
8. **Modelování součástí v softwaru Pro/ENGINEER - bakalářská práce, Tomáš CHOVANEC, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně 2011, PDF.**
9. **internetové stránky**


Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.**  
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: **14. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2018**

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

  
JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentůvká 1098, 370 05 Česká Budějovice

  
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 6. dubna 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 8. dubna 2018

.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Zde bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu doc. RNDr. Petru Bartošovi, Ph.D za odborné vedení a pomoc při zpracovávání mého tématu. Dále bych chtěl poděkovat firmě AGROMONT Vimperk spol. s r.o. za poskytnutí licence na Autodesk Inventor 2016 a také modelu pneumaticky ovládané branky.

## **Abstrakt**

Diplomová práce je zaměřena na počítačové modelování mechanického namáhání propouštěcí branky používané v zemědělské praxi.

V teoretické části práce je popsáno několik počítačových programů, které je možno k tomuto účelu využít. Konkrétně se jedná o programy: SolidWorks, CATIA, Solid Edge, Pro/ENGINEER, NX a Autodesk Inventor. U každého programu je uveden jejich základní popis, uživatelské prostředí a základní funkce.

V praktické části diplomové práce byla navržena nová konstrukce propouštěcí branky. Za využití programu Autodesk Inventor Professional 2016 byla provedena simulace mechanického namáhání této branky krok po kroku.

**Klíčová slova:** CATIA; SolidEdge; SolidWorks; Inventor; Pro/ENGINEER; 3D; NX

## **Abstrakt**

The diploma thesis is focused on computer modeling of the mechanics of the release gate used in agricultural practice.

The theoretical part describes several computer programs that can be used for this purpose. Specifically, these programs are: SolidWorks, CATIA, Solid Edge, Pro/ENGINEER, NX, and Autodesk Inventor. For each program, their basic description, user interface and basic features are provided.

In the practical part of the diploma thesis a new design of the release goal was proposed. Using Autodesk Inventor Professional 2016, a mechanical simulation of this goal was performed step by step.

**Keywords:** CATIA; SolidEdge; SolidWorks; Inventor; Pro/ENGINEER; 3D; NX

# Obsah

Úvod.....	7
1 Vývoj počítačem podporovaných systémů .....	9
1.1 Základní mezníky .....	9
1.2 CAD systémy.....	11
1.1.2 Rozdělení CAD systémů.....	11
1.3 CAE systémy .....	12
1.4 CAM systémy .....	12
2 Počítačem podporované 3D CAD programy .....	13
2.1 SolidWorks .....	13
2.1.1 Pracovní prostředí .....	14
2.1.2 Balíčky produktu.....	14
2.2 Catia.....	15
2.2.1 Pracovní prostředí .....	15
2.2.2 Balíčky produktu.....	16
2.3 Solid Edge .....	17
2.3.1 Pracovní prostředí .....	18
2.3.2 Balíčky produktu.....	18
2.4 Pro/ENGINEER .....	19
2.4.1 Pracovní prostředí .....	20
2.4.2 Balíčky produktu.....	20
2.5 NX .....	22
2.5.1 NX 9.....	22
2.5.2 Pracovní prostředí .....	23
2.5.3 Moduly.....	24

2.6 Autodesk Inventor .....	25
2.6.1 Společnost Autodesk.....	25
2.6.2 Pracovní prostředí .....	26
2.6.3 Pracovní prvky Inventoru .....	27
2.6.4 Základní ovládání Inventoru .....	27
2.6.5 Balíčky produktu.....	33
2.7 3D CAD programy pracující v cloudu .....	35
2.7.1 Fusion 360.....	35
2.7.1.1 Balíčky produktu.....	35
2.7.2 Onshape .....	36
3 Modelování pneumatické branky .....	37
3.1 Tvorba sestav pneumatické branky .....	56
3.2 Tvorba výkresové dokumentace.....	60
3.3 Ověření funkčnosti pneumatické branky.....	62
Závěr .....	67
Přehled literatury .....	69
Seznam obrázků .....	72
Seznam tabulek .....	75
Přílohy .....	76



# Úvod

Strojírenský průmysl se všemi jeho odvětvími se dnes neobejde bez používání 3D CAD programů. Jsou to moderní a stále používané nástroje, které umožňují vytvořit výkresovou dokumentaci již vyráběných produktů. Nepřeberným množstvím konstrukčních, výpočtových a simulačních modulů umožňují rychlý a relativně levný vývoj nových produktů. Vybrat vhodný 3D CAD program není ale jednoduchá práce. Právě pro jejich nekonečnou variabilitu.

Dnes je již úplně jedno, je-li zákazník na jednom kontinentu a výroba běží na druhém. Moderní technologie umožňují neustálý kontakt a online komunikaci. Na trhu s těmito technologiemi existuje celá řada konkurenčních firem, jejichž cílem je vytvořit co nejlepší produkt za přiměřenou, ne-li nejnižší cenu, a zároveň obsadit jedno z hlavních míst na trhu. Na výrobce je tedy kladen všeobecně velký tlak být neustále o krok napřed. Ve strojírenství jde především o provázanost a kontext mezi aplikacemi, aby zákazníci spolu mohli jednoduše a spolehlivě komunikovat.

Cílem diplomové práce bylo přiblížení programu Autodesk Inventor Professional studentům na základě vymodelování jednotlivých dílů z předem zvoleného modelu, následnému složení dílů do celku, předvedení simulace mechanického namáhání a ověření, zda může obstojně fungovat v praxi. Jsou zde nastíněny základní nástroje potřebné k úspěšnému ovládnutí programu.

V teoretické části je první kapitola věnována informacím o vzniku předchůdců 3D modelovacích programů, uvedena je zde také jejich stručná historie. Jedná se o programy CAD, CAE, CAM, možnosti jejich využití a propojení s výrobními etapami.

V druhé kapitole jsou popsány už pokročilejší programy, které pracují s 3D modelovacím prostředím, SolidWorks, Catia, Solid Edge, Pro/ENGINEER, NX a Autodesk Inventor. Uvedena je jejich stručná historie, popis pracovního prostředí, dostupné moduly a balíčky každého programu. V této kapitole je největší důraz dán programu Autodesk Inventor, který je použitý při modelování branky v praktické části.

Také jsou zde uvedeny zásadní novinky ze světa 3D programů, kam bezpochyby patří Fusion 360 a Onshape. Oba tyto produkty pracují v tzv. cloudu, kte-

rý lze definovat jako poskytování služeb či programů servery dostupnými z internetu s tím, že uživatelé k nim mohou přistupovat vzdáleně, např. pomocí webového prohlížeče nebo klienta elektronické pošty.

Praktická část diplomové práce začíná třetí kapitolou, která se zabývá modelováním konkrétního výrobku, pneumaticky ovládanou propouštěcí brankou. Tato branka má univerzální využití, ale většinou bývá umístěna přímo ve stáji k přehánění zvířat z jedné části haly na druhou, například z lehárny ke krmným boxům. Výběr součásti proběhl ve spolupráci s firmou zaměřenou na výrobu komponentů do zemědělství. Branka je v této kapitole rozebrána a modelována díl po dílu.

Při zpracování diplomové práce bylo využito řady literárních zdrojů, informací z odborné literatury, poznatků z praxe vykonávané ve zmiňované firmě, konzultacemi s pracovníky odborných pracovišť.

Snahou autora bylo vytvoření přehledné pomůcky pro studenty, kteří se rozhodnou pracovat s tímto programem.

# 1 Vývoj počítačem podporovaných systémů

## 1.1 Základní mezníky

Prvopočátek kreslení na počítači je spojen s vynálezem světelného pera roku 1950. Namalovaný obraz zůstával elektrostaticky zachycen na stínítku obrazovky, která sloužila zároveň jako paměť. Nápadu se ujala (jak to už bývá) armáda. Vynález našel praktické uplatnění u radarového systému. Takto počítačem vybavený stroj dokázal vypočítat budoucí trasu letounu, na základě dat vložených právě světelným perem. Byl zde použit tehdejší nejsilnější počítač světa TX-2 [1].

**1957** - Vznikl první komerční numerický řídicí systém PRONTO. Vyvinul jej Dr. Hanratty, označovaný jako otec CAD/CAM, v té době zaměstnanec výzkumných laboratoří automobilky General Motors. Spolupodílel se také na výzkumu spousty dalších CAD aplikací např. Unigraphics, CADDs, AD380 a dalších. Uvádí se, že téměř 70% dnešních 3D CAD/CAM systémů má své základy v programovacích kódech vytvořených právě ním. **1980-1990** - Do této doby existoval model pouze v drátové podobě. Iluze plochy modelu se vytvářela sítí čar. Modelování těles s trojrozměrnou grafikou ploch a renderování se objevuje až v grafickém programu ARCH MODEL roku 1980, jako nadstandardní modul. V tomto období přichází Intel s novou generací procesorů x86. Několik společností začalo vyvíjet grafický software schopný provozu také na počítačích „levné třídy“. Objevují se grafické aplikace jako např. VersaCAD, AutoCAD, MicroCAD, atd. Postavení takovýchto programů bylo dominantní především ve 2D. Modelování ve 3D sloužilo především k ověření základní myšlenky návrhu, nikoliv jako konstrukční přístup [2].

**1981** - Společnost Unigraphics uvedla první systém na modelování těles Uni-Solid. **1982** - Byla vydána aplikace CATIA Version 1, jako produkt pro 3D modelování a NC programování. **1985** - Byla vydána CATIA Version 2 s plně integrovanou funkcí navrhování objektů a dalšími novými funkcemi. Zároveň se tak CATIA stala hlavní aplikací pro navrhování v leteckém průmyslu. **1988** - Parametric Technology vydává první verzi programu Pro/ENGINEER [2].

**1990** - Pokud se podíváme na vývoj CAD systémů během posledních dvaceti let, tak od představení parametrického modelování procházelo vývojem na první pohled především uživatelské rozhraní. Dále také on-line provázanost jednotlivých

aplikací ve výrobním procesu a způsob vzájemné interakce mezi systémem a uživatelem. Základní principy se v podstatě nijak zásadně nezměnily. Přechod 3D systému, z dříve dominantní platformy UNIX, na Windows v polovině devadesátých let znamenal revoluci v jednoduchosti používání a vedl k jejich plošnému rozšíření [2].

Díky tomu jsou také dnes CAD systémy finančně dostupné i pro malé firmy, které by si je dřív nemohly dovolit. Na jejich provoz už není potřeba speciální grafická pracovní stanice. Se stále rostoucím výkonem počítačů dnes stačí většinou i běžný kancelářský počítač s přiměřeně výkonnou grafickou kartou a dostatkem operační paměti. Aplikace od předních výrobců ve stejné cenové kategorii dnes nabízejí téměř totožnou funkčnost a stírají se tak mezi nimi hlavní rozdíly. Uživatel je schopen jejich prostřednictvím vytvořit digitální modely reálných objektů s požadovanými geometrickými parametry, které jsou následně bez problémů vyrobitelné. Největší novinkou je tzv. synchronní technologie v nových verzích systémů NX, Solid edge, nebo CoCreate. Tato technologie kombinuje přímé editování a rozpoznávání respektive odvozování prvků modelu. V jednoduchosti je možné konstatovat, že představuje spojení výhod parametrického i explicitního modelování a díky přidání několika inovativních technologií stanovuje nový standard pro konstrukci virtuálních prototypů [2].

**1993** - John Hirschtick založil firmu SolidWorks se záměrem přijít na trh s prvním nativním 3D CAD systémem pro operační systém Windows. **1995** - Vydána patnáctá verze systému Pro/Engineer, která se stala prvním high-end 3D CAD/CAM systémem. Stejně tak ji následovaly i konkurenční CAD programy s novými verzemi. **1997** - Společnost DSS získala systém SolidWorks. **1998** - Společnost DSS vydala systém CATIA V5. **2000** - Většina velkých společností začala skupovat menší společnosti (PTC kupuje CoCreate, Autodesk kupuje Alias, atd.) [3, 4].

## 1.2 CAD Systémy

V roce 1960 se mladý student Ivan Sutherland pracující jako asistent v MIT rozhodl udělat svoji disertační práci zaměřenou na aplikaci počítačů v počítačové grafice a návrhu. Projektem byl kreslicí program dokončený roku 1962 a nazýval se Sketchpad. Mnohými je označován za začátek historie CAD [1].

Systémy CAD (Computer Aided Design - počítačem podporovaný návrh, označuje oblast nasazení počítačů při projekci) patří do skupiny software s velkou dynamikou rozvoje. Jedná se obvykle o vektorové softwary používané v různých oborech architektury a stavebního inženýrství při projektování, které umožňují rýsování technických ale i krajinných prvků. Hlavní výhodou těchto aplikací je velká úspora času věnovaná samotnému grafickému zpracování při návrhu, či úpravě součástí [3].

### 1.2.1 Rozdělení CAD systémů

**I. generace (malý CAD)** - Do této skupiny řadíme programy, které nejdou za hranice dvou rozměrů. Jedná se často o jednoduché programy pro tvorbu náčrtů a ne o programy určené pro konstruktérskou práci. Ale i v této kategorii můžeme najít několik výjimek s opravdu výkonnou podporou 2D konstrukčních prací. Za vrchol můžeme považovat AutoCAD LT [5].

**II. generace (střední CAD)** - Jedná se o doposud nejpoužívanější systémy na PC. Do této skupiny CADů můžeme řadit především AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidWorks a Solid Edge. Jsou typické jistým prostorovým modelářem a určitou otevřenou architekturou (možností programování aplikací a spolupráce s jinými programy) [5].

**III. generace (velký CAD)** - Zde můžeme mluvit o velmi výkonných systémech, které pracují vesměs na platformě operačního systému Unix a Windows XP za pomoci výkonného hardware. Patří sem zejména CATIA firmy Dassault Systèmes, Pro/ENGINEER firmy Parametric Technology Corp, Unigraphics firmy Unigraphics Solutions a další [5].

Obecně se systémy rozdělují na 2D, 2,5D a 3D. 2D systém používá jako základní konstrukční prvek zobecněnou lomenou čáru. U 2,5D systémů jsou trojrozměrné modely složené z dvojrozměrné reprodukce. 3D systém pracuje s různými prostorovými reprezentacemi těles a entity jsou primárně vytvářeny jako prostorové. 3D systém zpravidla obsahuje prostorové modelování [6].

### **1.3 CAE systémy**

CAE, neboli Computer Aided Engineering (systémy pro podporu inženýrských činností) poskytují nástroje, které souvisí s návrhem a usnadňují technické výpočty a analýzy. Optimalizují funkčnosti, geometrie a rozměry nového, případně inovovaného výrobku a to již i v průběhu jeho návrhu. Do této oblasti patří také systémy pro řešení kinematických vazeb a pohybových studií. Systémy komplexně řeší již oblast návrhu, optimalizace geometrie a určení mechanických vlastností nového, případně inovovaného výrobku. Zahrnují tedy celou etapu realizace. Zástupci aplikací: MITCalc, CosmosMotion, integrované funkce v CAD [6, 7].

### **1.4 CAM systémy**

CAM, neboli Computer Aided Manufacturing (systémy pro počítačovou podporu výroby) zahrnují počítačové systémy pro přípravu technologických operací realizovaných na obráběcích, tvářecích a případně i jiných typech produkčních strojů, které jsou řízeny jistým typem řídicího kódu. Návrh technologie výrobku může být převzat z CAD systémů, případně vytvořen přímo v integrovaném modeláři. Během procesu představuje komplexní strojní, manipulační, kontrolní a jiná další pomocná zařízení, která jsou řízena počítačem po celou dobu výrobního procesu. Tato oblast úzce souvisí s problematikou CNC (Computer Numeric Control) strojů. Zástupci aplikací: SurfCAM, EdgeCAM, SolidCAM [7].

## 2 Přehled 3D CAD programů

### 2.1 SolidWorks

Program SolidWorks je produktem Americké společnosti SolidWorks Corporation - nyní dceřiná společnost Dassault Systèmes. Firma byla založena v roce 1993. Jejím cílem bylo vytvořit 3D modelář dostupný všem, který bude pracovat pod operačním systémem Microsoft Windows a bude mít oproti konkurenci menší hardwarové nároky [8].

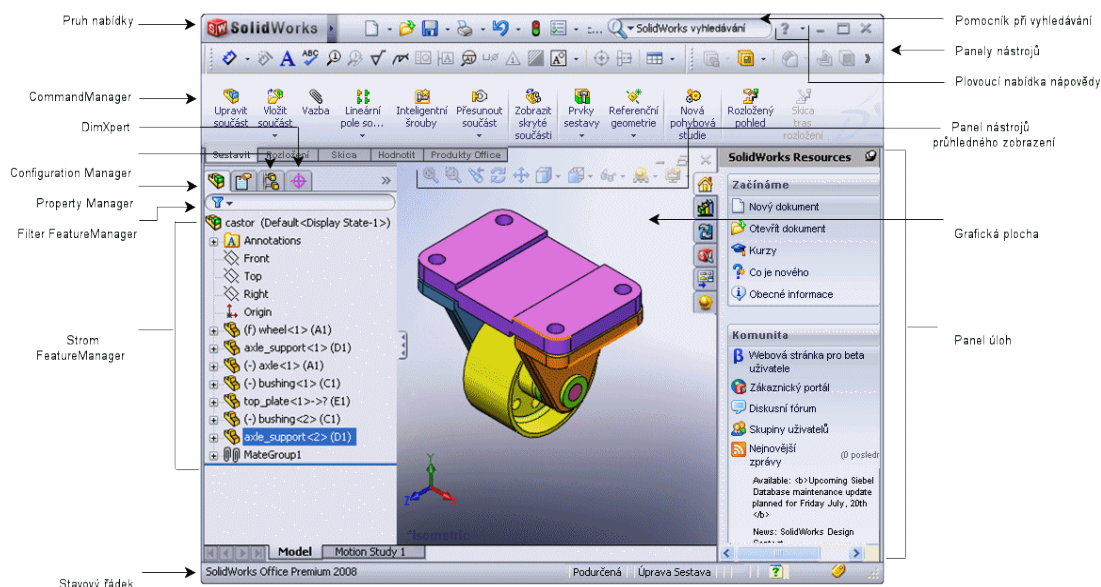
Svou první aplikaci vytvořila společnost již v roce 1995 s příznačným názvem SolidWorks 95 a dodnes se jí dostává plných možností vylepšení a aktualizací. V programu SolidWorks se jako v prvním 3D CAD (Computer aided design) systému objevil tzv. strom Feature Manager, který zobrazuje postup tvoření dílu. Díky této možnosti získal program mnoho ocenění a od té doby se objevil ve většině konkurenčních programů. Některý z produktů SolidWorks používá po světě více než 2,5 milionu projektantů a konstruktérů. Distribuce probíhá ve více než 100 zemích světa a vyučuje se na více jak 4300 akademických institucích [8].



Obrázek 2.1: Logo produktu SolidWorks [8]

Program slouží k vytváření plně asociativních trojrozměrných prvků s využitím tvořením sestav, výrobních výkresů, plechových součástí, svařovaných konstrukcí, forem a dalších. Ve své třídě nabízí nejlepší objemové modelování a vytváření 2D výrobní dokumentace a navíc nejsnadnější a nejintuitivnější ovládání ze všech CAD systémů vůbec. Umožňuje také importovat celou řadu 2D a 3D datových formátů. Systém SolidWorks a jemu podobné konkurující systémy se běžně používají jako podpůrné nástroje konstrukce ve strojírenství. Existují manuály ve formě knižních publikací, nebo on-line výukových manuálů. V těchto publikacích je uvedena celá rada příkladů zaměřených převážně na klasické strojírenství, které pokrývá většinu potřeb zákazníků [9].

## 2.1.1 Pracovní prostředí



Obrázek 2.2: Pracovní prostředí produktu SolidWorks [33]

SolidWorks nabízí přehledné a intuitivní pracovní prostředí, které inovativně kombinuje moderní ovládací prvky s osvědčeným systémem roletových menu.

## 2.1.2 Balíčky produktu

Základním balíčkem je program **SolidWorks Standard**, který představuje ucelené a robustní řešení pro 3D CAD navrhování, včetně modelování plechových dílů, svařenců a forem, vytváření sestav a mechanismů a vždy aktuální, kompletní výkresové dokumentace. Navíc je v SolidWorks Standard k dispozici celá řada nástrojů pro ověřování návrhů [8].

Za střed lze považovat **SolidWorks Professional**, který rozšiřuje balíček Standard o výkonné nástroje pro zvýšení produktivity a zlepšení komunikace. Balíček zahrnuje také PDM, což je systém umožňující správu dat. SolidWorks Professional představuje nejlepší řešení pro pracovní týmy [8].

Vrcholným balíčkem je **SolidWorks Premium**, jenž nabízí vše, co předchozí balíčky, a navíc přidává nástroje pro pokročilé a přesné strukturální a pohybové simulace. Obsaženy jsou nástroje pro navrhování potrubních systémů a kabelových svazků [8].



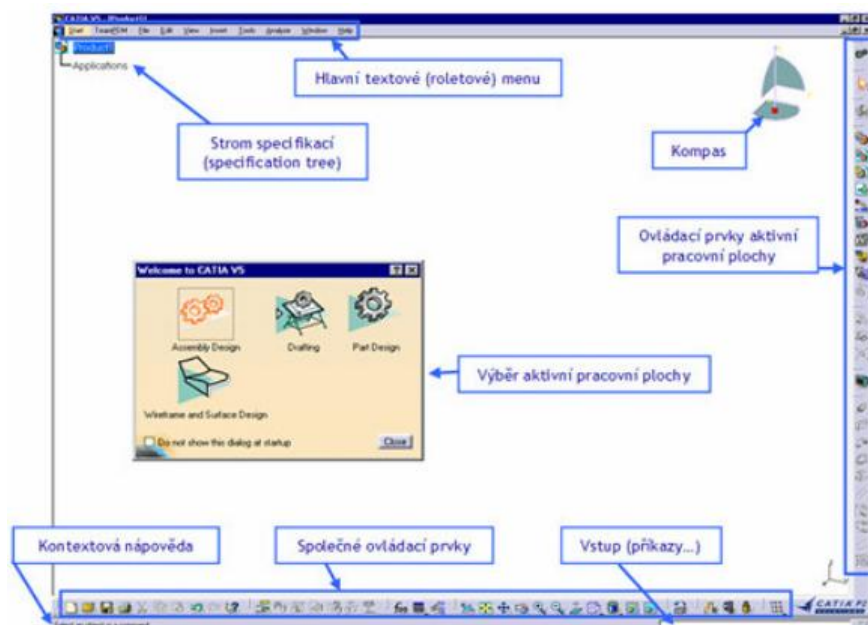
## 2.2 CATIA

CATIA (*Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application*) je integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby (CAD/CAM), vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systèmes a užívaný hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu. Vývoj systému, původně nazvaného CATI (z francouzského *Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive*), začal roku 1977 v letecké firmě Avions Marcel Dassault pro vlastní potřebu. Roku 1981 byl přejmenován na CATIA a firma jej začala prodávat. Roku 1996 vyšla verze s označením 4. Roku 1998 byla vydána nová podstatně vylepšená verze 5 [10, 11].



Obrázek 2.3: Logo produktu CATIA [10]

### 2.2.1 Pracovní prostředí



Obrázek 2.4: Pracovní prostředí produktu CATIA [12]

Všechny základní konstrukční úkoly se zpracují v různých pracovních prostředích. Pracovní prostředí nabízí sady nástrojů. Ty umožní uživateli zpracovávat specifické konstrukční úkoly [12].

CATIA V5 prodělala zcela zásadní modernizaci, jedná se prakticky o zcela novou řadu produktů firmy Dassault Systèmes pro komplexní navrhování. Proti čtvrté verzi produktu CATIA bylo současně zcela přepracováno uživatelské prostředí, které je výrazně intuitivnější a bližší uživatelům Microsoft Windows [12].

CATIA je koncipována jako modulární systém, který obsahuje celou řadu samostatných nástrojů pro řešení jednotlivých inženýrských problémů. Podle úrovně licence lze pak tyto nástroje využívat při práci. Výhodou je plná integrace těchto nástrojů v jednotném uživatelském prostředí a jejich snadná inicializace prostřednictvím roletové nabídky [12].

### 2.2.2 Balíčky produktu

Systém lze využít pro průmyslová odvětví. Jeho předností je funkčnost "hybridního modeláře". V praxi to znamená kombinaci v jednom modelu. Jak plošné tak i objemové elementy. Právě tato variabilita při výběru modelovacích technik a možnost je kdykoliv kombinovat, dělají CATIA lídrem. Podporuje tvorbu digitálního prototypu a souběžného konstruování. Jádrem CATIA V5 jsou konfigurace tvořené jednotlivými produkty, uspořádanými do tří různých platform: P1, P2 a P3. Zmíněné platformy se zaměřují na specifické úrovně potřeb zákazníka [13, 14].

**Platforma P1** se zabývá základním modelováním. Je určena pro malé a střední procesně orientované zákazníky. Vzhled a způsob ovládání vychází ze samotných Microsoft Windows [13, 14].

**Platforma P2** představuje plně sestavově orientovaný produkt, který přináší standardní 3D modelářské prostředí pro modelování součástí a generování výkresů. Mimo to obsahuje prostředí pro vytvoření digitálního podniku prostřednictvím modelování výrobků, procesů a zdrojů daného podniku. Tím podporuje celý životní cyklus výrobku počínaje návrhem koncepce až po vlastní provoz výrobku [14].

**Platforma P3** obsahuje specializované funkce určené jak zvláštním zákazníkům, tak úsekům rozsáhlých průmyslových komplexů. Nabízí například nástroje k predikci tolerancí plechových součástí při využití deformačních analýz v rámci sestav [13, 14].

## 2.3 Solid Edge

Jedná se o hybridní 2D/3D návrhový systém vyvíjený společností Siemens. První verze tohoto produktu, Solid Works 1, vznikla roku 1995. Zatím poslední verze, Solid Edge ST10 vznikla v srpnu roku 2017 [14].

Program je primárně určený pro návrh strojírenských konstrukcí. Systém obsahuje modul pro zpracování 2D výkresové dokumentace, jehož licence je zdarma. Obsahuje také nástroje pro správu technické dokumentace a podporuje spolupráci více projektantů na jenom projektu. Solid Edge přináší novou tzv. *Synchronní technologii*, která spojuje to nejlepší z dosud známých způsobů modelování. Je založena na modelování bez závislosti na předchozí historii [14, 15].

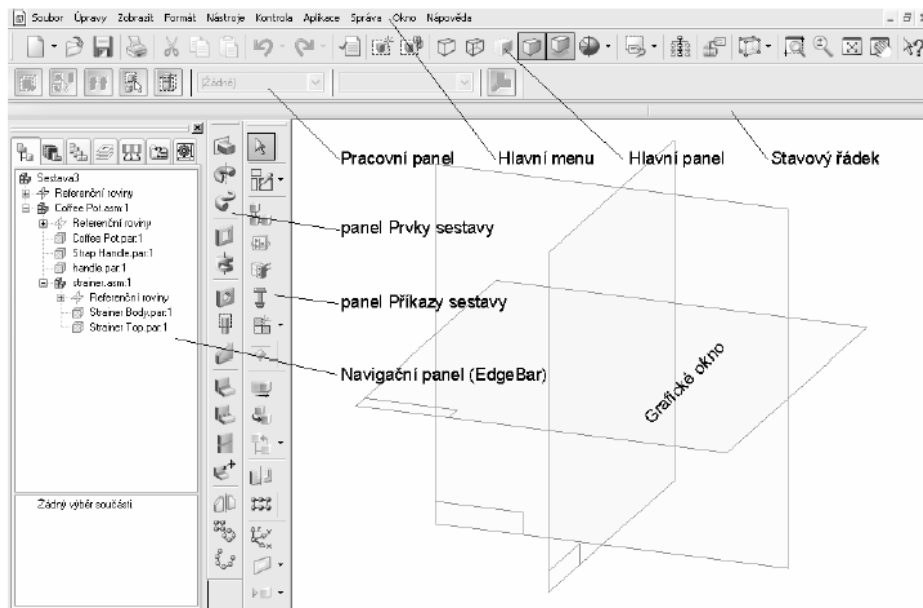


Obrázek 2.5: Logo produktu Solid Edge [14]

V *Synchronní technologii* není důležité, jak daný tvar vznikl, ale je důležité, jak vypadá před požadovanou změnou a jak má vypadat po změně. Tato technologie výrazně zjednodušuje úpravu modelů importovaných z jiných CAD systémů. Program zavádí tzv. *Procedurální prvky*, což jsou speciální operace na modelu pro tvorbu děr, polí, zaoblení a dalších obdobných funkcí. Tvary, které vznikly za použití procedurálních prvků, jsou vybaveny informacemi, které slouží pro snadnější editaci. Například otvor si nese informaci o typu, průměru a hloubce závitu [14].

Díky těmto údajům lze snadno změnit například typ díry nebo změnit velikost a typ závitu. Pro editaci a úpravu rozměrů modelu obsahuje program speciální objekt tzv. *Ovládací prvek*, což je objekt podobný osovému kříži a tažením za jednotlivé šipky se vybrané stěny posouvají určeným směrem [15, 16].

### 2.3.1 Pracovní prostředí



Obrázek 2.6: Pracovní prostředí produktu Solid Edge [15]

### 2.3.2 Balíčky produktu

Nejpoužívanější balíček **Solid Edge Classic** je koncipován tak, aby zaručil jednoduché naučení a snadný přechod k 3D pro uživatele zvyklé konstruovat pouze ve 2D prostředí. K dispozici jsou výukové lekce a tzv. začátečnický mód pro snadnější zvládnutí programu. Přesto, že spadá do střední kategorie 3D CAD systémů jsou jeho součástí také pokročilé nástroje pro práci s rozsáhlými sestavami, kinematickou, pevnostní analýzu a také podporu výměny dat s ostatními CAD systémy [25].

Dalším balíčkem je **Solid Edge ST Foundation**, který oproti verzi Classic neobsahuje nástroje pro pevnostní analýzu, vizualizace, generování hřídelů, vaček, pružin a dalších součástí knihovny normalizovaných dílů [2, 25].

Posledním možností je balíčkem **Solid Edge ST Design and Drafting**, který oproti verzi Solid Edge Foundation neobsahuje nástroje pro tvorbu příhradových konstrukcí, svařenců, forem, parametrické modelování plechových dílů a nástroje pro podporu variantního modelování [2, 25].

## 2.4 Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER byl uveden na trh v roce 1988 a zásadním způsobem změnil trh s CAD technologiemi. Je označován jako zakladatel parametrického asociativního modelování pomocí konstrukčních prvků. Je produktem americké firmy PTC (Parametric Technology Corporation). Jedná se o plně parametrický CAD/CAM/CAE systém založený na objemovém modelování s využitím konstrukčních prvků a pojmů z konstrukční praxe. Je určen pro podporu celého vývojového procesu výrobku od počátečního návrhu až po výrobu [7].



Obrázek 2.7: Logo produktu PRO/Engineer [7]

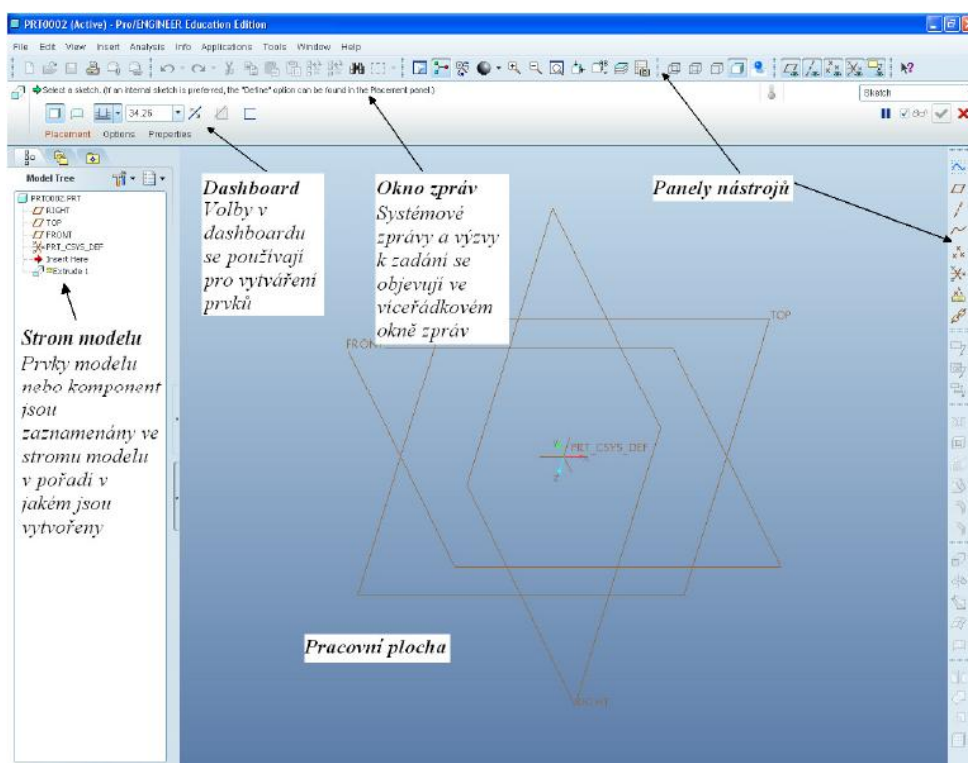
V říjnu 2010 představila společnost PTC nový produkt s názvem Creo. Oficiální verzi Creo 1.0 vydala firma v červnu 2011. Soubor těchto aplikací nahrazuje stávající produkty společnosti, které byly dříve známé jako Pro/ENGINEER a ProductView. Hlavním úmyslem produktu je nabídnout moderním konstruktérům prostředí, které eliminuje dosud nevyřešená omezení a problémy klasických CAD programů. Tedy skutečně klíčové záležitosti, jako jsou snadnost používání, interoperabilita, udržení vložené inteligence a praktické řešení práce v sestavách. Má také mnoho různých řešení, funkcí a softwarových balíčků [17, 18].



Obrázek 2.8: Logo produktu Creo [17]

Aplikace Creo jsou k dispozici v angličtině, němčině, ruštině, francouzštině, italštině, španělštině, japonštině, korejštině, zjednodušené čínštině a tradiční čínštině. Rozsah lokalizace se liší od úplného překladu produktu (včetně nápovědy) pouze uživatelským rozhraním [17].

## 2.4.1 Pracovní prostředí



Obrázek 2.9: Pracovní prostředí produktu Pro/ENGINEER [34]

Velkou výhodou tohoto programu je koncepce plné provázanosti (asociativity), jež zaručuje, že změny počítačového modelu provedené v kterékoliv fázi vývoje produktu se automaticky promítnou do všech ostatních oblastí projektu. Výsledkem je podstatné zkrácení vývojového cyklu [7].

## 2.4.2 Balíčky produktu

Základní balíček produktu představuje **Pro/E Basic Drafting Package**. Stejně jako ostatní balíčky je dále rozšiřitelný o speciální moduly (potrubní a kabelové systémy, analýzy a simulace, konstrukce nástrojů a forem, NC výroba, správa a řízení dat a projektů). Obsahuje nástroje pro objemové modelování s podporou základního plošného modeláře. Dále nástroje pro tvorbu a práci se sestavami, tvorbu výkresové dokumentace a knihovny standardních i uživatelsky definovatelných součástí [2].

Druhý balíček **Pro/E Foundation XE** má oproti základnímu balíčku Pro/E Basic Drafting Package začleněny specializované nástroje pro plošné modelování a tvorbu

tvarově složitých dílů. Obsahuje nástroje pro automatickou tvorbu pohledů a kusovníků. Dále také nástroje pro konstrukci mechanismů a tvorbu animací [2].

Třetí balíček **Pro/E Advanced SE** obsahuje všechny moduly předchozího balíčku a k tomu navíc systém pro správu dat s výkonnými web technologiemi [2].

Čtvrtý balíček **Pro/E Advanced XE** obsahuje všechny moduly balíčku Pro/E Foundation XE a navíc jedno ze dvou řešení pro správu dat (Pro/INTRALINK, nebo Windchill PDM Link) a jeden z pěti specializovaných modulů dle požadavků zákazníka. Na výběr jsou následující moduly:

- I. Pro/ENGINEER Advanced Assembly** - Nástroje pro tvorbu, vedení a řízení rozsáhlého projektu v týmu. Společně s nástroji pro automatizaci tvorby sestav (Pro/PROGRAM) zvyšuje významným způsobem produktivitu práce.
- II. Pro/ENGINEER Behavioral Modeling** - Nástroj pro návrh optimálního geometrického tvaru na základě požadovaného chování výrobku. Součástí jsou nástroje pro pohybovou analýzu mechanismů.
- III. Pro/ENGINEER Interactive Surface Design** - Nástroj pro konstrukci složitých ploch. Integruje intuitivní modelování volných ploch s komplexním parametrickým plošným modelářem.
- IV. Pro/ENGINEER Mechanism Dynamick** - Nástroj pro kinematickou/dynamickou analýzu pohybu mechanismů.
- V. Pro/ENGINEER Piping and Cabling** - Nástroje pro konstrukci potrubních a kabelových systémů [2].

Pátý balíček **Pro/E Enterprise SE** obsahuje všechny moduly balíčku Pro/E Foundation XE, řešení pro správu dat (Windchill PDMLink) a všech pět výše zmíněných specializovaných modulů [2].

Vrcholný balíček **Pro/E Enterprise XE**, jenž představuje nejkomplexnější balíček systému Pro/E. Obsahuje všechny moduly balíčku Pro/E Enterprise SE. Navíc ještě obsahuje modul (Pro/MECHANICA), který umožňuje simulovat, vyhodnocovat a optimalizovat strukturální chování v oblasti statiky, vlastních frekvencí a dynamiky [2].

## 2.5 Siemens NX

Siemens NX (dříve Unigraphics) je komerční CAD/CAM/CAE program pro podporu činností v konstrukci a výrobě. NX patří mezi profesionální průmyslové softwary s velkou škálou možností a nastavením. Proto je snahou vývojářů udělat práci v programu intuitivní. Jednou z možností je editace drah nástroje pouhým přesunem nástroje. Obrázky nebo obrázkové animace interaktivně zobrazují jednotlivé parametry v programovém prostředí. Umožňuje provést ideový návrh, výpočty, simulace a analýzy, modelování jednotlivých dílů i celých sestav, tvorbu výkresové dokumentace, programování NC obráběcích a měřících strojů, simulaci obrábění, kontrolu kvality, správu dat a projektů a integraci do podnikového informačního systému [19].

Systém NX je stejně jako CATIA komplexní řešení pro návrh, optimalizaci a podporu výroby součástí. Je využíván ve všech oblastech průmyslu (automobilový, letecký průmysl, průmysl spotřebního zboží, atd.). Speciálně pro navrhování výrobních strojů, forem a podporu CAM obrábění. V roce 2002 byl vytvořen software NX, který vznikl spojením programů Unigraphics a I-deas. V roce 2007 se uskutečnilo první uvedení prvků synchronní technologie ve verzi NX 5. Zásadní zlom přišel ve verzi NX 9. Zatím nejnovější verze NX 12 vyšla koncem října roku 2017 [19].



Obrázek 2.10: Logo produktu NX [20]

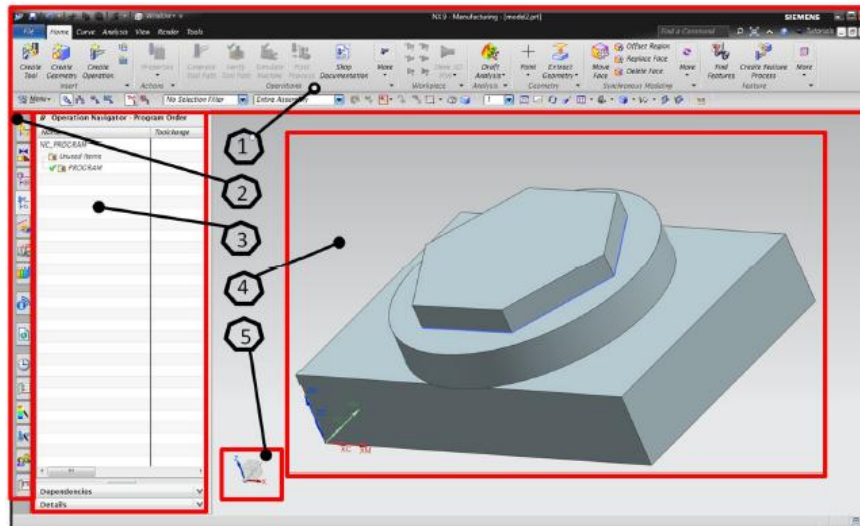
### 2.5.1 Siemens NX 9

NX 9 rozšířil synchronní technologii i do 2D prostředí, protože je různými odvětvími průmyslu stále hodně využíváno. Předchozí verze přišla s možností změnit pořadí zaoblení hran na modelu. Nová technologie inteligentního upravování, ušetří až pětinasobek času, který by zabralo překládání do vhodného formátu. Synchronní technologie je velmi rychlý prostředek procesu tvorby z projektovaného modelu na polotovary, pokud není vyroben v programu NX. Využití má v CAM části, při vizualizaci a verifikaci. Uplatnění nachází především, když je polotovarem odlitek



nebo výkovek. Čas je zkrácen o vymodelování nové součásti, což může být úspora času až v rádech hodin [20].

## 2.5.2 Pracovní prostředí NX 9



Obrázek 2.11: Pracovní prostředí produktu NX 9 [20]

1. Hlavní lišta je ve stylu Ribon bar – Microsoft standart. Pro uživatele Microsoft Office není složité se zde zorientovat. Rychle zpřístupňuje všechny důležité funkce. Při najetí kurzoru myši na některý z příkazů se zobrazí bližší informace k dané funkci.
2. Palety v sobě zahrnují navigátor sestavy, navigátor dílu, knihovnu opakovaných dílů, navigátor operací, historie, HD3D nástroj, webový prohlížeč, nastavení a další, mezi kterými se dá přepínat.
3. Navigátor operací zobrazuje vložené operace. Podle výběru palet se zobrazí nastavení v navigátoru.
4. Grafické okno zobrazuje součást a změny, operace, dráhy a další položky, které jsou provedeny.
5. Nástroj View triad slouží k lepší práci a orientaci se součástkou.

[20]

### 2.5.3 Moduly NX

System NX se skládá z velkého množství speciálních CAD/CAM/CAE modulů, které jsou zkompletovány tak, aby poskytovaly komplexní sady nástrojů v různých oblastech (průmyslový design a styling, návrh balení, strojírenských součástí, návrh elektromechanických systémů, mechanické simulace, elektromechanické simulace, tvorba nástrojů a armatur, obrábění a řízení výrobního procesu):

- pro průmyslový design (NX Styling),
- pro konstrukci (široká škála např. Solid Modeling),
- pro práci se sestavami (Assembly modul),
- pro tvorbu výrobní dokumentace (NX Drafting, NX Shop Docs),
- pro komplexní definici obecných ploch (NX Imageware),
- pro návrh plechových dílů (Advanced Sheet Metal),
- pro návrh potrubních systémů a el. svazků (NX RoutingMechanical),
- pro konstrukci nástrojů (NX Progressive Die Wizard),
- pro tvorbu forem na plasty (NX Mold Wizard),
- pro podporu CAM (Nurbs Path Generator a spousta dalších),
- pro vizualizaci a simulaci NC (NX CAM Visualise).

[2]

## 2.6 Autodesk Inventor

Program Autodesk Inventor je jeden ze světově nejprodávanějších CAD systémů. Největší využití nalézá v automobilovém průmyslu, pro modelování plechových dílů, při výrobě nábytku, v elektrotechnice a ve stavebnictví. Jedná se o parametrický CAD systém, ve kterém je geometrie součástí definována sadou rozměrových a geometrických parametrů. Lze v něm vytvářet jednoduché 3D modely součástí, složité 3D modely sestav, 2D výkresovou dokumentaci odvozenou z vymodelované součásti a animovanou prezentaci vytvořené sestavy [21].

Program Autodesk Inventor navíc podporuje formát souboru *dwg*, čímž je dána možnost provázání tvorby s programem AutoCAD, který patří mezi nejpoužívanější neparametrické modeláře. Program podporuje i techniku adaptivního modelování, při kterém jsou součásti vytvářeny jako částečně nebo plně parametrické a jejich výsledný tvar se vytváří pomocí vazeb na okolní součásti v sestavě [21].



Obrázek 2.12: Logo společnosti Autodesk [21]

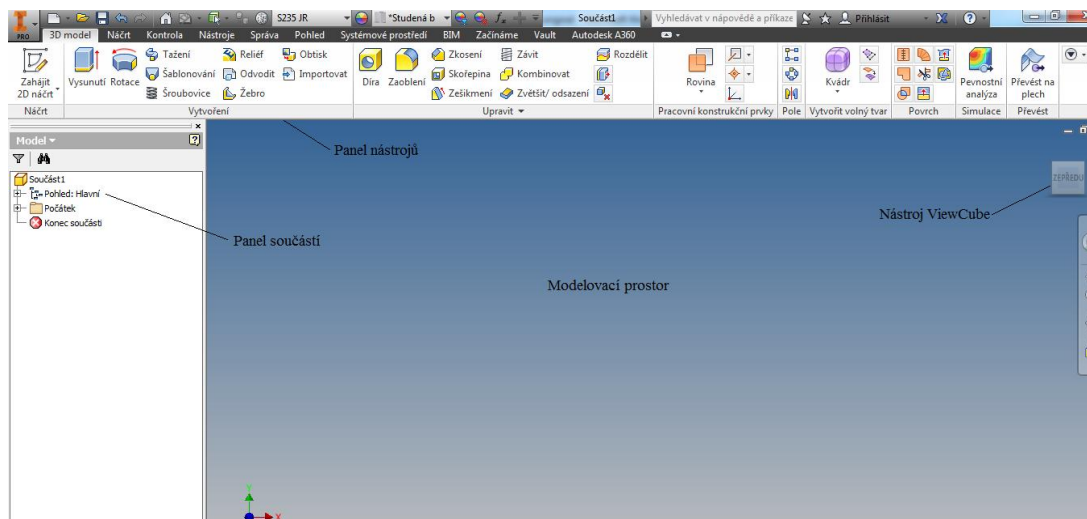
### 2.6.1 Společnost Autodesk

**Autodesk, Inc.** je nadnárodní softwarová firma zaměřující se na 3D grafiku, vizuální postprodukci a její nejnámější software, AutoCAD, je průmyslovým standardem v oboru computer aided design (CAD). Firma Autodesk byla založena v Mill Valley v Kalifornii v roce 1982 Johnem Walkerem, Danem Drakem a 11 dalšími [22].

Firma sídlí v kalifornském městě San Rafael. Její akcie se obchodují na NASDAQ (největší ryze elektronický burzovní trh v USA). V roce 2012 měla 7500 zaměstnanců. Společnost Autodesk je považována za inovativní, „zelenou“ a rychle rostoucí firmu. Od konce 90. let zaznamenávala velký růst a provedla akvizici mnoha firem (v roce 2011 sedmi) [22].

## 2.6.2 Pracovní prostředí

Inventor má několik modulů, například pro 3D modelování (obrázek 2.13), tvorbu sestav, svařence, plechové díly, prezentace, 2D výkresy a podobně. Každý modul ukládá svá data do zvláštního souboru, který se liší příponou. Při zakládání nového výkresu (nebo modelu, sestavy, prezentace a podobně) se použije potřebná šablona, ze které Inventor převezme základní nastavení [23].



Obrázek 2.13: Pracovní prostředí produktu Inventor

**Panel nástrojů** - Obsahuje základní ovládací prvky, od tvorby náčrtu přes vytváření základních úkonů až po výběr materiálu či vykreslení modelu.

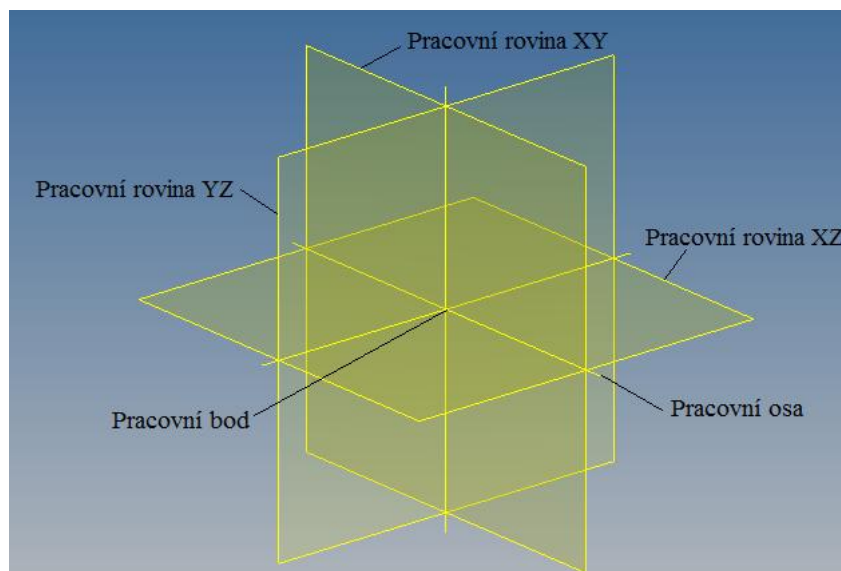
**Prohlížeč součástí** - Je nezbytnou pomůckou sloužící v průběhu tvorby k přehlednému rozdělení modelů i sestav. Vytvářejí se zde skupiny dle jednotlivých dílů a úprav na nich provedených.

**Modelovací prostor** je hlavní část okna programu vyplňuje prostor, v němž se vytváří model i s jeho úpravami.

**Nástroj ViewCube pro ovládání pohledu na model** umožňuje pohyb s modelem v prostoru a na výkrese. Za pomoci levého tlačítka lze výkres otáčet, prostředním tlačítkem přibližovat či posouvat.

### 2.6.3 Pracovní prvky Inventoru

Parametrické modelování je definováno na třech základních rovinách (obrázek 2.14), jež se protínají v počátku souřadné soustavy. Před začátkem vytváření modelu je třeba určit základní rovinu, na níž se bude kreslit původní náčrt. Tento náčrt bude dále například *Vysunut* do prostoru či bude *Orotován* podle předem vybrané osy [24].

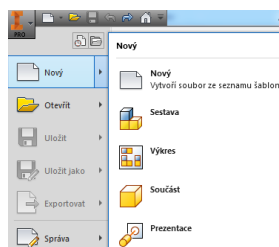


Obrázek 2.14: Uživatelský souřadný systém

**Pracovní rovina** je vybraná rovina zvolená pro náčrt, lze vybrat jednu ze tří základních rovin nebo si lze později ve výkrese rovinu určit či nakreslit. **Pracovní osa** je vybraná úsečka či přímka, jež je použita jako osa při rotaci či zaoblení, popřípadě při zrcadlení či jiné duplicitě. **Pracovní bod** je libovolný bod, který slouží k určení dalších prvků. Je vytvořen pomocí souřadného systému nebo přímo jeho určením [26, 27].

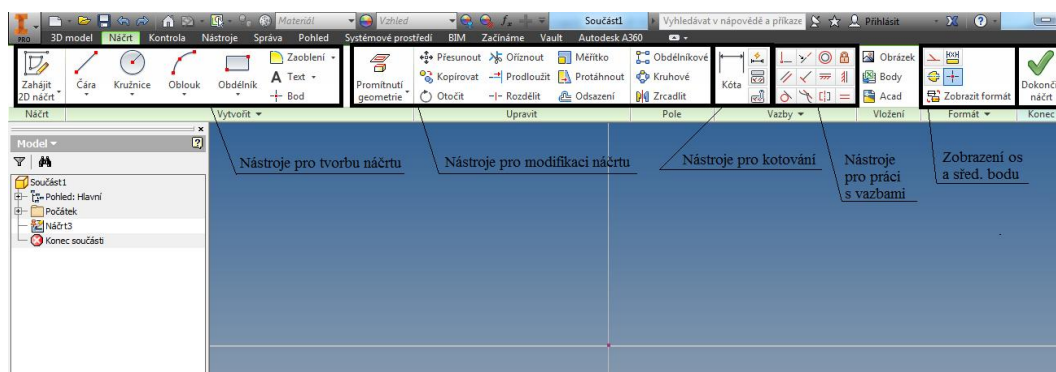
### 2.6.4 Základní ovládání Inventoru

Po spuštění programu a volbě položky *Nový* (obrázek 2.15) má uživatel možnost vybrat si, zda bude vytvářet sestavu součástí, výkresovou dokumentaci, samotnou součást, či animaci.



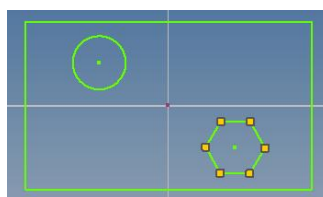
Obrázek 2.15: Nabídka možností nového souboru

Každá vymodelovaná součást vychází z náčrtu, který má příponu *ipt*. Pro kreslení se zvolí možnost *Součást*. V levém horním rohu obrazovky se zobrazí ikonka *Zahájit 2D náčrt*. Po zvolení se na obrazovce zobrazí tři základní roviny. Náčrt se zahájí kliknutím na některou z nich. Zobrazí se rozhraní náčrtu s prohlížečem součástí a také pásem karet (obrázek 2.16), který obsahuje příslušné nástroje pro tvorbu náčrtu např. *Přímka*, *Kružnice*, *Oblouk*, *Obdélník*, případně *Polygon*, atd. Pomocí kreslicích funkcí se vytvoří základní náčrt součásti bez jakékoliv rozměrové parametrizace. Dalším krokem je úprava tvaru základního náčrtu pomocí geometrických vazeb. Některé vazby program automaticky přiřadí a další vazby je možno doplnit ručně.



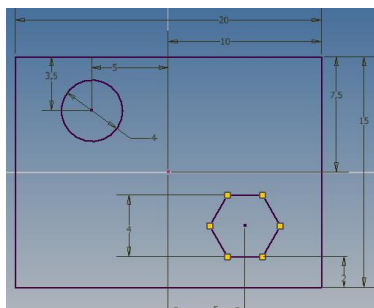
Obrázek 2.16: Prostředí pro tvorbu náčrtu

Po vytvoření základního náčrtu (obrázek 2.17) se dále určí jeho přesné rozměry. K tomu slouží příkaz *Kótování*. Pomocí tohoto příkazu se náčrt okótuje tak, aby byl plně rozměrově určen.



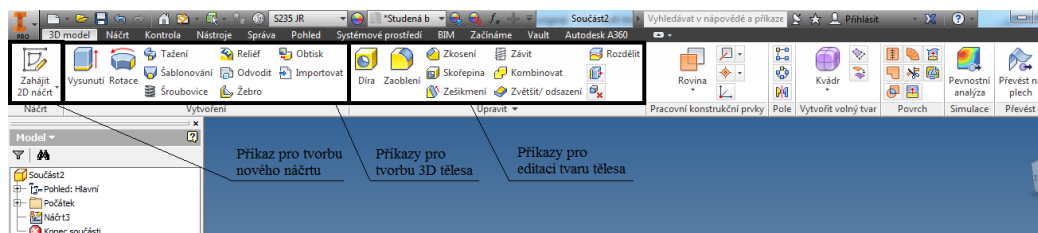
Obrázek 2.17: Základní náčrt součásti

Při vlastním kótování (obrázek 2.18) lze využít dvě možnosti a to buď ruční, nebo pomocí příkazu pro automatické kótování. Kóty lze kdykoliv editovat jednoduchým kliknutím tlačítka myši na danou kótu. Program automaticky kontroluje potřebnost kót. To znamená, že uživatele upozorní, pokud je určitý rozměr kótován dvakrát, nebo jej není třeba dále kótovat z důvodu, že jeho rozměr lze odvodit pomocí jiných již okótovaných rozměrů.



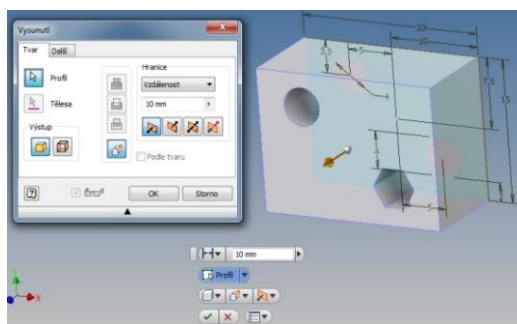
Obrázek 2.18: Plně okótovaný náčrt

Po přiřazení všech rozměrů základnímu náčrtu se pomocí příkazu *Dokončit náčrt* zobrazí rozhraní pro tvorbu 3D modelu. Objeví se příslušná nabídka příkazů pro práci s 3D modelem (obrázek 2.19), např. *Vysunutí*, *Rotace*, *Šablonování*, *Zaoblení*, *Pole* atd. Pomocí těchto příkazů se vymodeluje z plošného náčrtu 3D těleso.



Obrázek 2.19: Prostředí pro 3D modelování

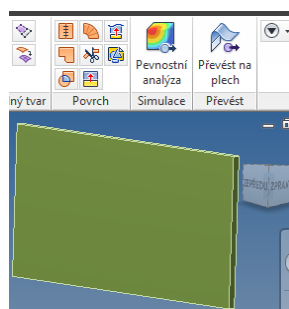
Pro vytvoření tohoto tělesa z nakresleného náčrtu se použije nástroj *Vysunutí*. Po jeho aktivaci se objeví dialogové okno (obrázek 2.20), ve kterém je nutné vybrat plochu pro vysunutí, zadat jeho výšku a směr. Okno rovněž nabízí možnost použití množinových operací *Průnik*, *Připojit* a *Oříznout*. Po potvrzení *Vysunout* vznikne objemové těleso a dalšími příkazy např. *Zaoblení*, *Zkosení*, *Otvor*, *Závít* atd. se může pokračovat v následné úpravě výsledného tvaru součásti. Je možné také pokračovat tvorbou nového náčrtu na libovolné ploše vymodelovaného tělesa. Po dokončení tvarové modifikace se pro lepší orientaci v následné sestavě a pro výpočet fyzikálních vlastností modelu může přiřadit součásti také materiál.



**Obrázek 2.20:** Vysunutí součásti

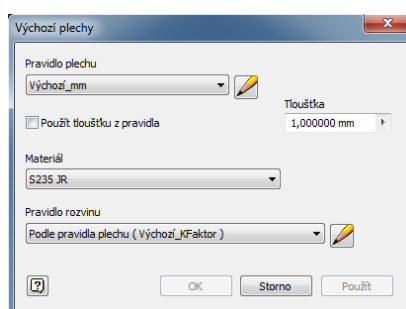
Dalšími velmi často používanými funkcemi Autodesk Inventoru je tvorba plechových součástí. Zde se uživatelům namísto modelování plechových dílů běžnými technikami nabízí velká výhoda, kterou je využití nástrojů, speciálně určených pro tvorbu plechových součástí.

V dalším textu bude popsána tvorba jednoduché součásti z plechu. Tvorba součásti se zahájí vytvořením základního náčrtu požadovaného tvaru pomocí ikony *Nový* a poté *Součást*. Zde se vytvoří náčrt jednoduchého obdélníku o stranách délky 20 mm, 40 mm a vysuneme do tloušťky 1 mm (obrázek 2.21). Následně se zvolí funkce *Převést na plech*.



**Obrázek 2.21:** Tvorba modelu z plechu

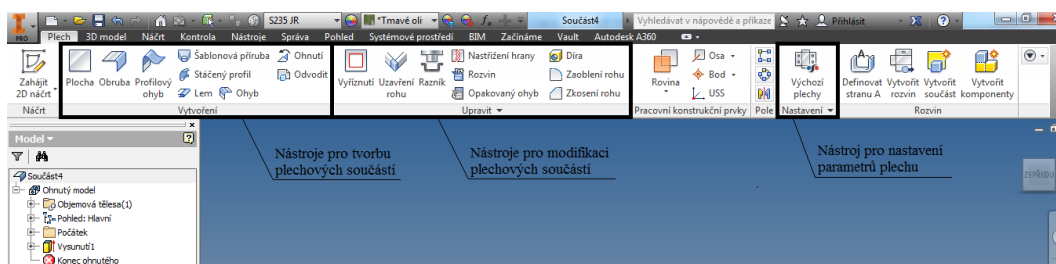
Prvním krokem je definování materiálu plechu a jeho tloušťky v tabulce (obrázek 2.22). Po vyplnění požadovaných údajů se tabulka potvrdí.



**Obrázek 2.22:** Nastavení parametrů plechu



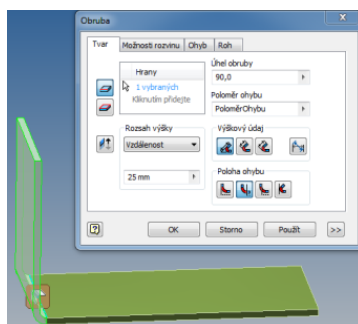
Po vyplnění údajů je k dispozici rozhraní pro práci s plechovým modelem. Toto rozhraní (obrázek 2.23) obsahuje množství příkazů. Nachází se zde následující: *Obruba*, *Profilový ohyb*, *Lem*, *Ohyb*, *Ohnutí*, *Stáčený profil* a další.



Obrázek 2.23: Rozhraní pro práci s plechovou součástí

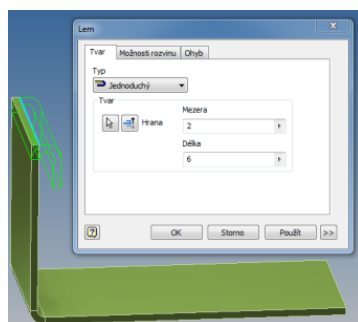
Po popsání základního rozhraní pro tvorbu plechových součástí, následuje praktická ukázka nejběžněji používaných funkcí.

Jednou z nich je funkce *Obruba*. Tento nástroj se využívá k tvorbě libovolného ohybu podél jakékoliv vybrané hrany modelu. V dialogu *Obruba* se tedy vybere hrana pro vytvoření obruby, zadá se úhel ohybu, vzdálenost obruby a provede se potvrzení dialogu (obrázek 2.24).



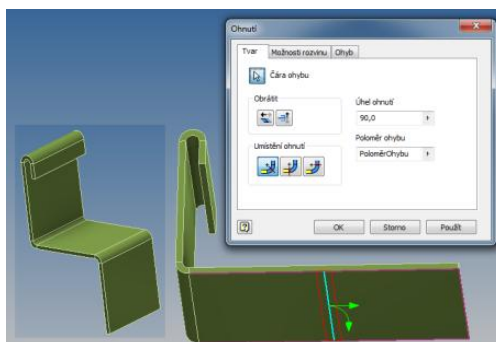
Obrázek 2.24: Použití příkazu Obruba

Na konci vytvořené obruby se může dále vytvořit lem pomocí autentického příkazu *Lem* (obrázek 2.25). Jeho použití je obdobné jako u předchozího příkazu.



Obrázek 2.25: Použití příkazu Lem

Dalším příkazem je *Ohnutí*. Pro vytvoření ohybu je nutné na modelu nakreslit libovolnou čáru, která je důležitá pro tento ohyb. Pomocí příkazu *Vytvořit náčrt*, se určí náčrtová plocha a na této ploše se čára nakreslí (obrázek 2.26). V dialogu se vybere právě vytvořená čára a zadá se úhel ohnutí. Stejným způsobem je možno součást dále upravovat podle své představy.

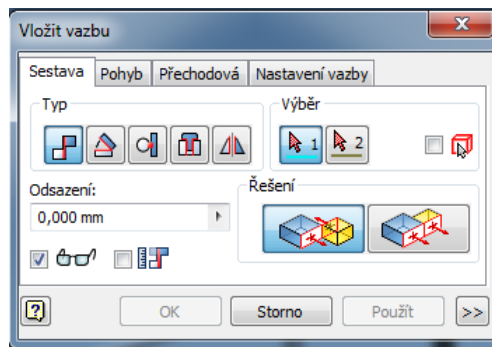


**Obrázek 2.26:** Použití příkazu Ohnutí

## 2.6.5 Tvorba sestav v Inventoru

Sestava je model obsahující více součástí vzájemně spojených vazbami. K tvorbě sestavy je nutné se v programu Autodesk Inventor přesunout do příslušného rozhraní. To se provede výběrem nového souboru typu *iam* v dialogu *Nový*. Na pásu karet se zobrazí nástroje pro tvorbu sestav. S využitím příkazu *Umístit* se rozmístí na pracovní plochu všechny potřebné komponenty sestavy. První komponent, který se natáhne do sestavy, se stane pevný v prostoru (v prohlížeči je označena špendlíkem) a ostatní komponenty se pomocí vazeb k němu připojují. V prohlížeči lze změnit, který komponent bude pevný, měl by to být vždy nějaký rám součásti a ne nějaký malý šroubeček. Poté je možné začít sestavu kompletovat a to pomocí vazeb.

Vazby definují vzájemnou polohu součástí v sestavě a fungují na principu omezování stupňů volnosti jednotlivých dílů, jinými slovy omezují vzájemný pohyb komponent. Při tvorbě sestav nabízí program možnost využít rady vazeb v závislosti na požadované funkci součásti v sestavě. Pokud chce uživatel například úplně zamezit pohybu několika součástí vůči sobě a to v jakémkoliv směru, musí použít takové vazby, aby počet stupňů volnosti byl nulový. Program nabízí tyto vazby: *Proti sobě*, *Úhel*, *Tečné*, *Vložit* a *Souměrnost* (obrázek 2.27).



Obrázek 2.27: Přehled vazeb

- Proti sobě – může se zadat, že plocha leží na druhé ploše, úsečka na úsečce nebo bod na bodu, podle toho se odebírají jiné stupně volnosti,
- úhel – může se zadat úhel mezi čarami nebo rovinami,
- tečné – tečný dotyk roviny a zakřivené plochy,
- vložit – na každé součásti se vybere jedna kružnici. Tyto kružnice se po vazbě vložit stanou soustředné a budou ležet v jedné rovině.

Všechny tyto vazby umožňují zadat odsazení, to znamená že například plochy neleží na sobě, ale jsou rovnoběžné a vzdálené o tuto vzdálenost.

## 2.6.5 Balíčky produktu

Autodesk Inventor existuje jednak v základní verzi a jednak v rozšířené verzi Inventor Professional (AIP). Ta obsahuje navíc funkce pro pevnostní výpočty, potrubní systémy, kabelové svazky, dynamické simulace a generativní navrhování. První verze produktu, (Inventor 1) vznikla v září roku 1999 [2].

**Autodesk Inventor Suite** - Umožňuje správu, sdílení a opakované využití technických dat návrhu (i z jiných CAD systémů). Důležitým prvkem je také tzv. obsahové centrum, které je centralizovanou knihovnou s prohlížečem obsahu. Knihovna obsahuje normalizované konstrukční prvky (šrouby, ložiska, potrubní a spojovací prvky, atd.). Navíc lze přidávat do uživatelských knihoven vlastní součásti a standardní funkce [2].

**Autodesk Inventor Tooling** - Rozšiřuje základní verzi Inventor Suite o nástroje pro návrh vstřikovací formy a umožňuje konstruktérům rychlou a přesnou tvorbu

lisovacích nástrojů přímo z 3D modelu výlisku. Zahrnuje nástroje pro návrh forem, vtokových a rozváděcích kanálů, simulaci zatékání taveniny a mnohé další [2].

**Autodesk Inventor Routed Systems Suite** - Má oproti základní verzi Inventor Suite nástroje pro snadné navrhování systémů vedení trubek, potrubí a pružných hadic. Dále také nástroje pro návrh elektrických kabelů a kabelových svazků. Úzce spolupracuje s programem AutoCAD Electrical. Podporován je export tras i armatur do formátu ISOGEN PCF přímo z prostředí 3D modelu sestavy [2].

**Autodesk Inventor Simulation Suite** - Má oproti základní verzi Inventor Suite navíc moduly pro pevnostní analýzy a dynamické simulace. Další rozšíření představuje aplikace Advanced Simulation Technology Preview, která umožňuje podrobnější nastavení simulací a analýzy sestav. V modulu dynamických simulací lze analyzovat kinematiku či dynamiku mechanismů a získávat tak kinematické či dynamické výstupní veličiny [11].

**Autodesk Inventor Professional** - Přestavuje nejvyšší verzi strojírenského 3D CAD systému od Autodesku. V jednom uceleném balíku integruje veškeré moduly verzí Inventor Routed Systems Suite, Inventor Simulation Suite a Inventor Tooling. Rozšiřuje tak nástroje pro konstrukci specifických strojírenských prvků o dynamické simulace a pevnostní analýzy [11].

## 2.7 3D CAD programy pracující v cloudu

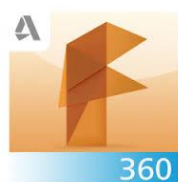
Do této kapitoly byly zařazeny dva základní zástupci 3D modelovacích programů, které se odlišují oproti výše zmíněným programům. Jsou to Fusion 360 od společnosti Autodesk a Onshape, za kterým stojí bývalý ředitel SolidWorksu John Hirschtick.

Oba tyto produkty pracují v tzv. cloudu, který lze definovat jako poskytování služeb či programů servery dostupnými z internetu s tím, že uživatelé k nim mohou přistupovat vzdáleně, např. pomocí webového prohlížeče nebo klienta elektronické pošty. Za předpokladu, že služba je placená, uživatelé neplatí za vlastní software, ale za jeho užití. Principem u služeb a produktů poskytovaných v tomto prostředí je to, že uživatelé propůjčují výpočetní výkon serverů [28].

### 2.7.1 Fusion 360

Autodesk Fusion 360 je 3D CAD/CAM/CAE aplikace pro digitální prototypování a spolupráci. Pomocí jednoduché klientské aplikace (pro PC i Mac) využívající WebGL/HTML5 a "neomezeného" výkonu cloud serverů má uživatel k dispozici v prostředí internetového klienta plnohodnotnou 3D CAD aplikaci s jednoduchým, rychlým ovládáním a s výkonnými funkcemi pro zpracování CAD souborů v různých formátech, pro 3D modelování součástí a sestav, přímou editaci objemových a volnoplášňových modelů, jejich analýzu, vizualizaci, publikování, výrobu, simulace, správu dat a online spolupráci [29].

Intuitivní uživatelské prostředí je podobné známé desktop aplikaci Autodesk Inventor Fusion. Podobné je spojení parametrického a přímého modelování. Konceptně jde ale o zcela novou CAD aplikaci. Fusion 360 je primárně určen pro jednotlivce a malé firmy. Fusion 360 je k dispozici formou cenově dostupného pronájmu (cloud subscription) [29].



Obrázek 2.28: Logo produktu Fusion 360 [29]

### 2.7.1.1 Balíčky produktu

Fusion 360 je základní verze, se kterou se lze setkat asi nejčastěji. Aktuálně ovládá 2D náčrty, 3D modelování (parametrické, Mesh a T-splines), objemová tělesa, historie modelu, přímé úpravy modelu, součásti, sestavy, výkresy, simulace, renderování, 3D tisk, a spoustu dalšího [30, 31].

Fusion 360 Ultimate se aktuálně vyznačuje především rozšířenými nástroji pro přípravu obrábění (CAM) a profesionálními simulacemi vybraného modelu [31].

K tomu je navíc balíček 1000 cloud creditů. Ty lze využít právě při operacích v simulaci nebo profesionálním renderování [30, 31].

### 2.7.2 Onshape

Onshape, spolu s konkurenční aplikací Fusion 360, nabízí občasným návrhářům a nadšencům do 3D tisku zajímavou možnost, jak zcela legálně získat profesionální nástroj pro 3D modelování dílů i celých mechanických sestav. Navíc jde o plně cloudové řešení, které běží přímo v okně prohlížeče a využít jej můžete třeba i na tabletu [32].



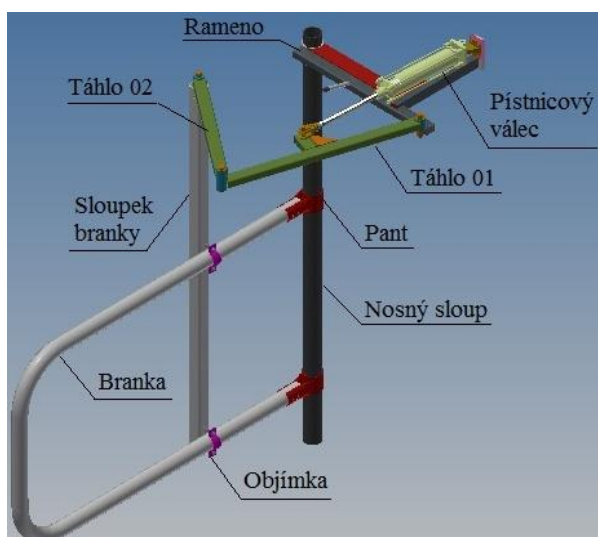
Obrázek 2.29: Logo produktu Onshape [32]

Za vývojem aplikace stojí zkušený tým, jehož jádro tvoří bývalí vývojáři a manažeři dnes velmi oblíbeného profesionálního 3D CAD systému SolidWorks v čele s Jonem Hirschtickem a Johnem McEleneyem. OnShape vyvíjeli od nuly. Přesto jejich aplikace začíná pomalu konkurovat i SolidWorksu, s nímž mnozí spojili nemalou část svého života [32].

### 3 Modelování pneumatické branky

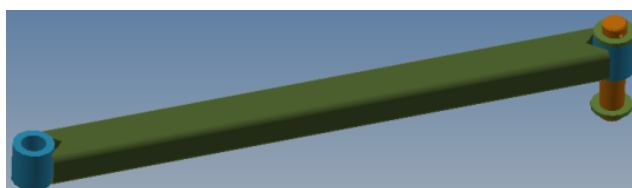
Tato kapitola je zaměřena na modelování pneumaticky ovládané branky (obrázek 3.1) v programu Autodesk Inventor Professional 2016.

Model byl vybrán na základě jeho širokého univerzálního použití v zemědělské praxi. Dále pak z důvodu jednoduchosti, jak materiální, tak konstrukční a hlavně díky nízkým nárokům na výrobní proces. Model bude následně podroben základní analýze mechanického namáhání z důvodu zjištění pružných deformací a jejich minimalizaci, nebo úplnému odstranění. Konkrétně se bude jednat o odolnost vůči bočnímu nárazu. Branka se používá k přepouštění dobytka z jedné části haly (lehárna) do druhé (krmení). Je ovládána pomocí vzduchu. Toto ovládání je možné i z více míst. Pracovní tlak válce je 10 barů.



Obrázek 3.1: Jednotlivé díly branky

Po rozdělení modelu na díly je možno přejít na konstruování jednotlivých podsestav. Před zahájením samotného kreslení, se pro orientaci vytvoří na ploše nová složka s názvem hlavní sestavy. Do hlavní složky se následně vloží ještě další složky s názvem každé dílčí podsestav, kam se pak budou ukládat jednotlivé díly.

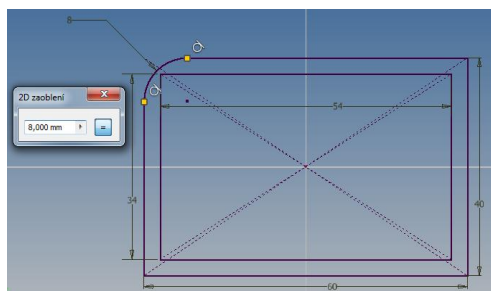


Obrázek 3.2: Táhlo 02

**Tabulka 3.1:** Soupis dílů táhla 02

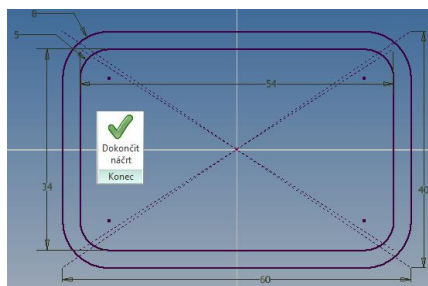
Č.	Název dílu	Rozměr [mm]	Délka [mm]
1	Jäckel	60×40×3	690
2	Pant	Ø50	50
3	Podložka	Ø50	5
4	Čep	Ø30	135

Kreslení se zahájí vymodelováním podsestavy táhlo 02 (obrázek 3.2). Spustí se inventor a přes položku *Nový* se zvolí možnost *Součást*. Pro vymodelování Jäckelu je potřeba nakreslit základní tvar obdélníku příkazem *Obdélník*. U zvoleného příkazu se rozvine malá šipka a vybere se možnost *Obdélník - 2body a střed*. Zde se klikne myší na středový bod na obrazovce pro vytvoření základního tvaru. Po jeho vytvoření se použije příkaz pro kótování a zadají se oba požadované rozměry, tedy 60 mm a 40 mm. Souběžně se vytvoří druhý obdélník s rozměry 54 mm a 34 mm, protože je zadána tloušťka stěny 3 mm. Tím je vytvořen základ pro funkci na zaoblení hran. U příkazu se do tabulky nastaví 8 mm a klikne se myší na dvě přilehlé stěny obdélníku tam, kde chceme, aby se následně zaoblení vygenerovalo (obrázek 3.3).



**Obrázek 3.3:** Zaoblení stěn

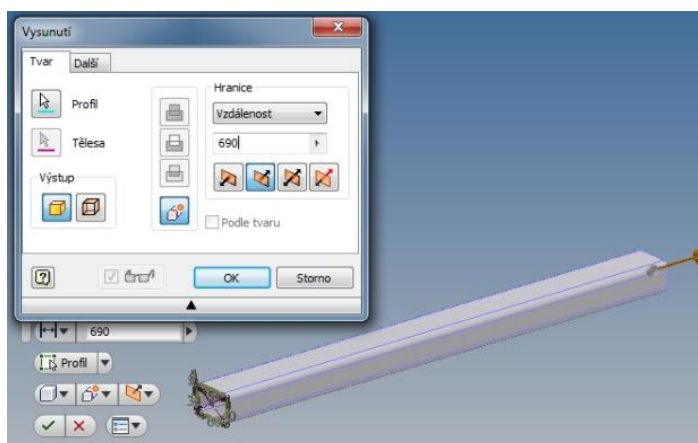
Takto se vytvoří zaoblení na všech čtyřech rozích. Stejným způsobem se zaoblí i rohy vnitřního obdélníku, s tím rozdílem, že zde bude vytvořeno zaoblení 5 mm. Dokončení náčrtu se potvrdí ikonou *Dokončit náčrt* (obrázek 3.4).



**Obrázek 3.4:** Hotový náčrt jáckelu

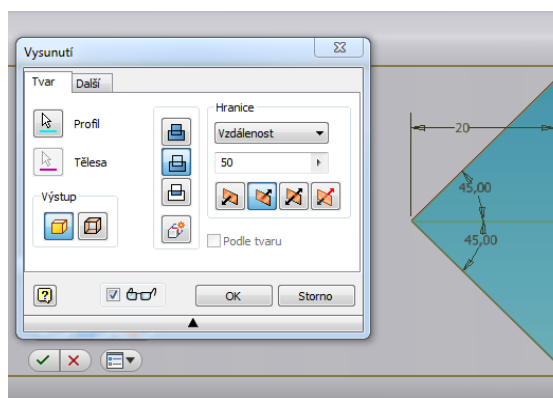


Po potvrzení se objeví dialogové okno pro práci s 3D modelem, kde se zvolí možnost *Vysunutí*. V tabulce se nastaví vzdálenost 690 mm, směr vysunutí a vše se potvrdí (obrázek 3.5). Ještě zbývá vymodelovat V-tvar, který je důležitý pro následné přivaření kulatin na oba konce jáckelu .



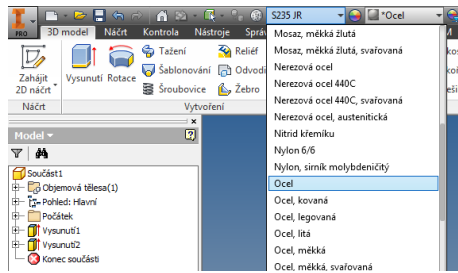
**Obrázek 3.5:** Vysunutí jáckelu

Výsledný tvar pro vyříznutí se vytvoří kliknutím pravým tlačítkem myši na plochu, kam se bude pokládat nový náčrt. V tomto případě je to tedy ta větší plocha. Na vybrané ploše se na obou koncích součásti nakreslí trojúhelník (obrázek 3.6), který bude odebrán do vzdálenosti 50 mm.



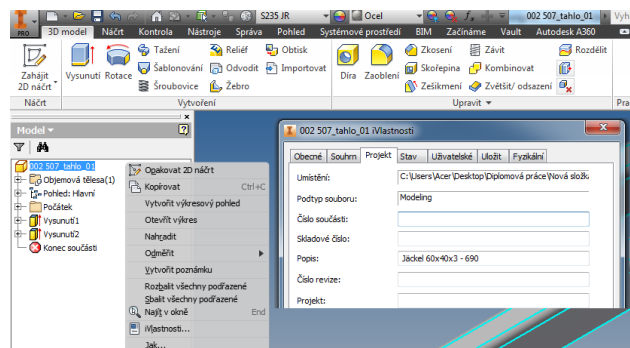
**Obrázek 3.6:** Vysunutí požadovaného tvaru

Po vytvoření požadované součásti je nutné k ní ještě přiřadit materiál. Tento krok se provede jednoduchým rozvinutím ikony (obrázek 3.7). Zobrazí se lišta s nepřebornou škálou materiálů. Při práci na celém modelu branky bude použita převážně ocel, případně PPS plast. Další možností je přiřazení barvy k dané součásti, což je vhodné k snadnější orientaci v následné sestavě.



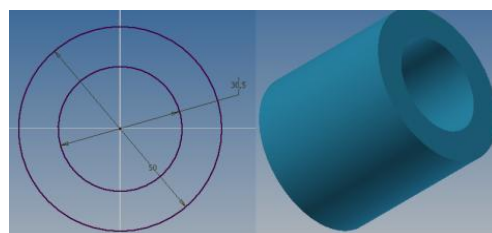
Obrázek 3.7: Přiřazení materiálu

Po přiřazení materiálu a barvy lze vyplnit ještě další údaje o dané součásti. Například název a polotovar, ze kterého má být součást vyrobena. Krok se provede kliknutím pravého tlačítka myši na ikonu modelu (obrázek 3.8), kde se zvolí možnost *iVlastnosti*. Po výběru vyskočí tabulka, ve které se příslušné údaje vyplní. Velice zajímavou funkcí v této tabulce je *Fyzikální*, díky níž se dokáže zjistit přesná hmotnost dané součásti dle zvoleného materiálu. Nyní se může kompletně hotový jáckel uložit do příslušné složky na ploše.



Obrázek 3.8: Vlastnosti modelu

Pant (obrázek 3.9) je vyroben z kulatiny průměru 50 mm. Model lze vytvořit pouze z jednoho náčrtu, protože jsou to v podstatě jen dvě kružnice se společným středem. Jedna průměru 50 mm, druhá průměru 30,5 mm. Výsledný náčrt je vysunut do vzdálenosti 50 mm. Také se vyplní požadované údaje o materiálu pomocí ikony *iVlastnosti*.



Obrázek 3.9: Pant

Podložka (obrázek 3.10) se vymodeluje dle stejného postupu jako výše zmíněný pant. Je vyrobena z kulatiny průměru 50 mm a výsledný náčrt je vysunut do vzdálenosti 5 mm.



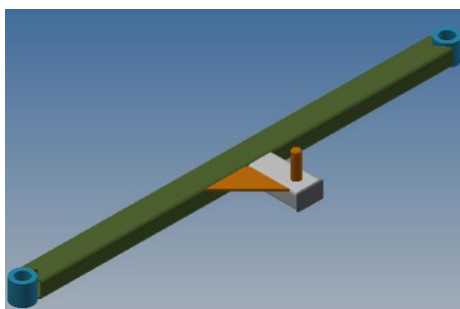
Obrázek 3.10: Podložka

Čep je vyroben z kulatiny průměru 30 mm s délkou 135 mm. V něm jsou vytvořeny dva otvory průměru 5 mm pro následné umístění závlaček. Otvory se nakreslí v panelu *model*, který je umístěn v levém rohu monitoru. Zde se rozklikne ikona *počátek*, vybere se rovina YZ a pravým tlačítkem myši se na ní vytvoří náčrt. Stiskem tlačítka F7 na klávesnici je možno vytvořit požadovaný řez, do něhož se oba otvory, které jsou od sebe vzdáleny 115 mm a 10 mm od spodní hrany nakreslí. Provede se vysunutí těchto otvorů, kde musí být zvolena možnost vysunutí do obou stran do vzdálenosti 30 mm (obrázek 3.11).



Obrázek 3.11: Čep táhla 02

Na závěr se ještě vytvoří sražení na obou koncích čepu pomocí ikony *zkosení*. Po výběru této funkce se zobrazí tabulka, do které se nastaví rozměr 2 mm a klikne se na plochy, na nichž se má požadované zkosení vytvořit.



Obrázek 3.12: Táhlo 01

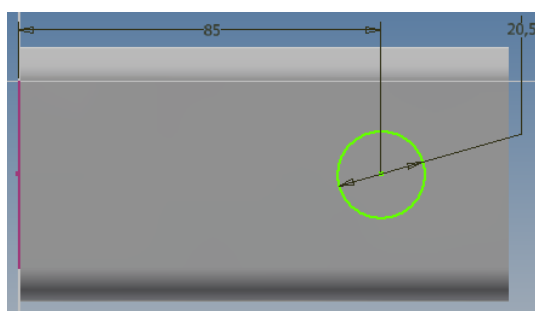
Po táhlu 02 se vytvoří podsestava s názvem táhlo 01 (obrázek 3.12). Jelikož jsou zde použity obdobné díly jako v předchozí podsestavě, není potřeba je kreslit znovu. Stačí pouze zkopírovat díl do příslušné složky. Jedná se o modré panty umístěné na obou koncích jäckelu .

**Tabulka 3.2:** Soupis dílů táhla 01

Č.	Název dílu	Rozměr [mm]	Délka [mm]
1	Jäckel	60×40×3	970
2	Jäckel	60×40×3	150
3	Pant	Ø50	50
4	Čep	Ø20	100
5	Žebro	100×100	5

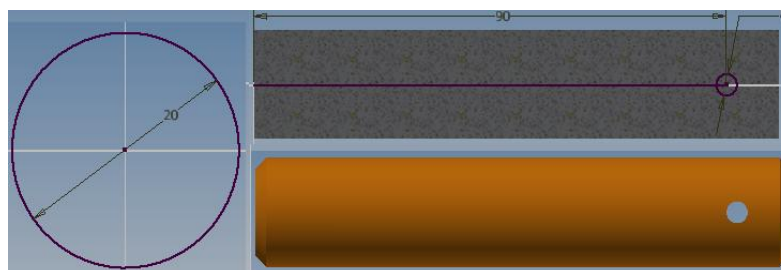
Jäckel má stejný rozměr jako u táhla 02. Opět zde bude vyrobeno vybrání pro přivaření kulatin na oba konce. Postup kreslení tkví v nakreslení základního tvaru obdélníku, jeho vysunutí a nakreslení nového náčrtu se stejným rovnoramenným trojúhelníkem o výšce 25 mm.

V malém jäckelu bude vyříznut otvor pro čep. Jäckel má opět stejný rozměr 60×40×3 mm s délkou 115 mm. Po vymodelování jäckelu, se na něm vytvoří další náčrt pro nakreslení otvoru průměru 20,5 mm, který bude odsazen 85 mm od kraje (obrázek 3.13). Tento náčrt se následně vysune tak, aby otvor byl průchozí.



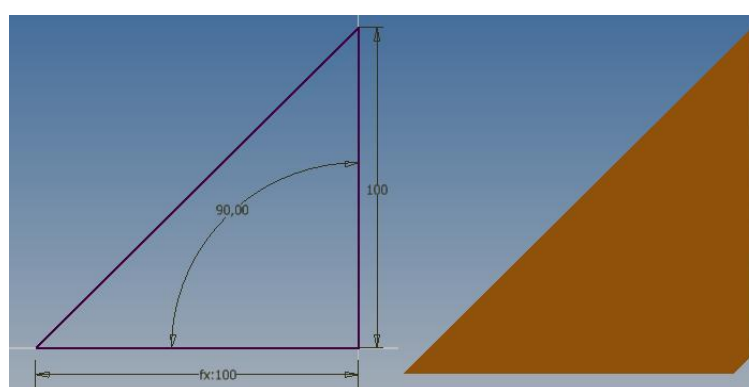
**Obrázek 3.13:** Jäckel - 115mm

Čep (obrázek 3.14), na kterém bude později uchycen pístnicový válec, je vyroben z kulatiny průměru 20 mm, s délkou 100 mm. Na kulatině bude vyroben otvor průměru 4 mm ve vzdálenosti 90 mm od kraje, pro následné umístění závlačky. Oba konce budou zkoseny ve vzdálenosti 2 mm.



Obrázek 3.14: Čep táhla 01

Žebro, které je vyrobeno z plechu tloušťky 5 mm, má tvar pravoúhlého trojúhelníku o stranách délky 100 mm. Výsledný tvar je v rohu zkosen ve vzdálenosti 5 mm (obrázek 3.15).

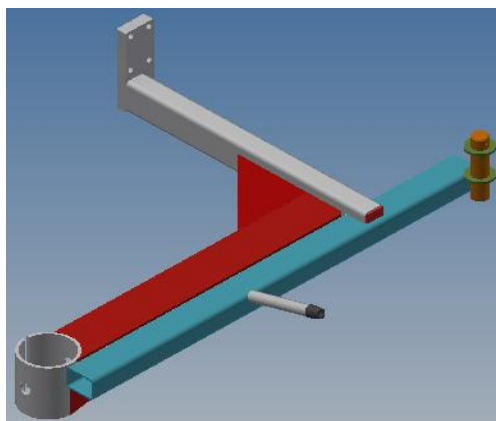


Obrázek 3.15: Žebro

Další podsestava je rameno (obrázek 3.16).

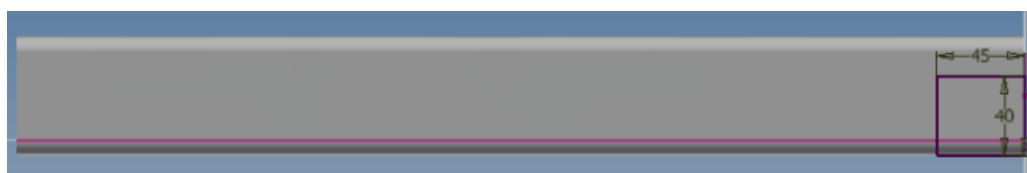
Tabulka 3.3: Soupis dílů ramena

Č.	Název dílu	Rozměr [mm]	Délka [mm]
1	Jäckel	60×40×3	835
2	Jäckel	60×40×3	515
3	Svěrka	Ø102×6	100
4	Čep	Ø30	120
5	Podložka	Ø50	5
6	Doraz	Ø30	120
7	Nástavec	Ø22	50
8	Deska	155×60	20
9	Výztuhy 01	-	5
10	Výztuhy 02	-	5



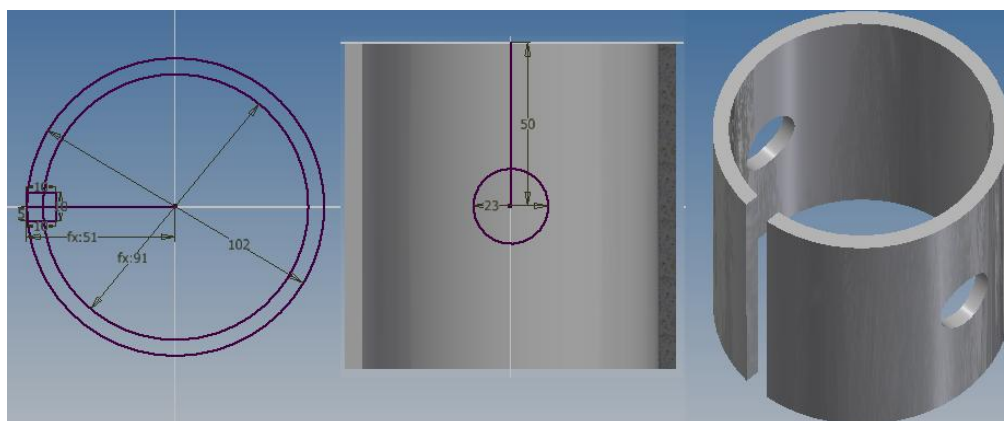
**Obrázek 3.16:** Rameno

Jako první díl se vymodeluje modrý jáckel, který má rozměry  $60 \times 40 \times 3$  mm a délku 835 mm. Menší jáckel, má stejný rozměr jako všechny předchozí, tedy také  $60 \times 40 \times 3$  mm a délku 515 mm. V tomto jáckelu bude vyříznut otvor o rozměrech 40 mm na výšku a 45 mm na šířku (obrázek 3.17).



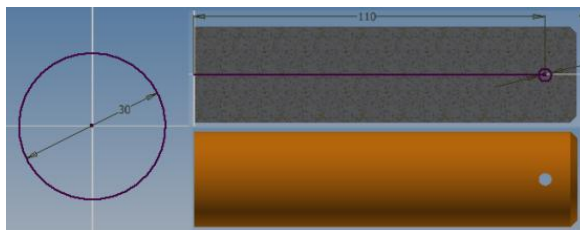
**Obrázek 3.17:** Jáckel s výřezem

Svěrka je vyrobena z trubky průměru  $102 \times 6$  mm a délce 100 mm, kde bude vyříznuta drážka široká 10 mm a průchozí otvor s průměrem 23 mm. Nejprve se nakreslí trubka s drážkou, která se vysune. V ikoně *Počátek* se klikne pravým tlačítkem myši na rovinu XY a vytvoří se nový náčrt, na kterém se nakreslí požadovaný otvor a odebere se na obě strany skrze celou součást (obrázek 3.18).



**Obrázek 3.18:** Svěrka

Čep (obrázek 3.19) je vyroben z kulatiny průměru 30 mm a délce 120 mm, kde je vytvořen otvor o průměru 4 mm ve vzdálenosti 110 mm od kraje, kam se bude opět umisťovat závlačka. I tento díl je zkosen o 2 mm.



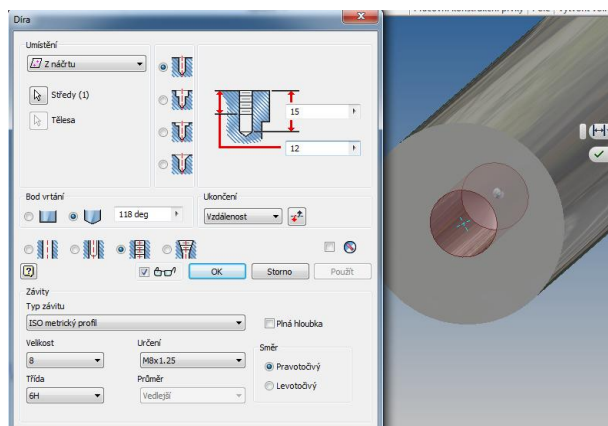
Obrázek 3.19: Čep ramene

Podložka (obrázek 3.20) je vyrobena z kulatiny průměru 50 mm, s vyříznutým otvorem průměru 30,5 mm. Postup náčrtu je velice jednoduchý, jelikož jsou to dvě kružnice se společným středem, vysunuté do vzdálenosti 5 mm.



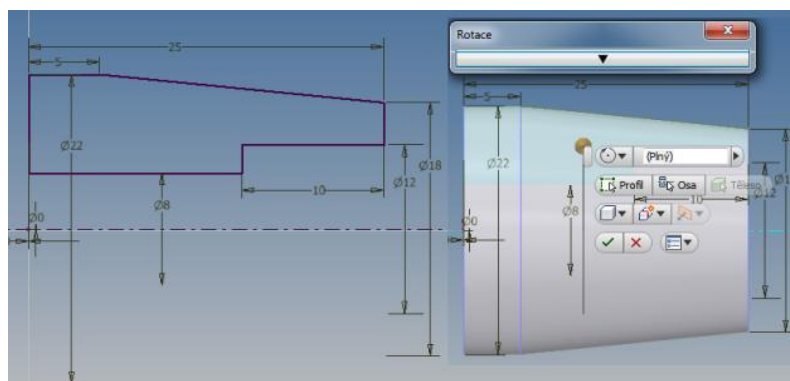
Obrázek 3.20: Podložka ramene

Doraz je vyroben z kulatiny průměru 20 mm a délky 130 mm. Zde bude použita nová funkce *Závit*. Nejprve se tedy nakreslí 3D model samotné kulatiny. Poté se klikne pravým tlačítkem myši na plochu, na které má být závit vytvořen a zvolí se možnost *Nový náčrt*. V náčrtu se nakreslí středový bod a potvrdí se dokončení hotového náčrtu. Pomocí funkce *Otvor* se vytvoří otvor s isomerickým závitem M8×1,25 mm do hloubky 15 mm (obrázek 3.21).



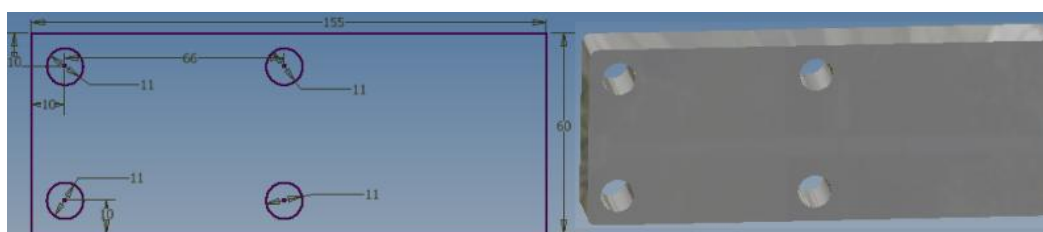
Obrázek 3.21: Tvorba závitu

Na doraz bude našroubován nástavec z PPS plastu (obrázek 3.22). Pro jeho vytvoření je použita nová funkce *Rotace* podle osy. Zde se vybere osa rotace a tvar, který má být orotován. Na špičce bude nástavec zaoblen o poloměru 2 mm.



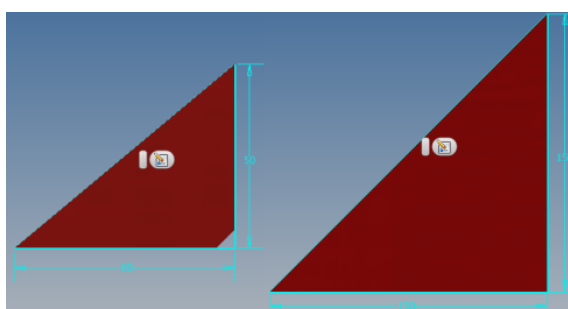
Obrázek 3.22: Nástavec

Držák, na kterém bude uchycen písnicový válec má tvar obdélníku o rozměrech 155 mm a 60 mm, který má v sobě 4 otvory průměru 11 mm. Otvory jsou umístěny 10 mm od kraje a 66 mm od sebe (obrázek 3.23). Celý náčrt je pak vysunut do vzdálenosti 20 mm.



Obrázek 3.23: Držák

Trojúhelníkové výztuhy 01 jsou vyrobeny z plechu tloušťky 5 mm. První trojúhelník má rozměry 150×150 mm a druhý trojúhelník má rozměry 60×50 mm. V rohu je zkosení o straně délky 5 mm (obrázek 3.24).



Obrázek 3.24: Trojúhelníkové výztuhy

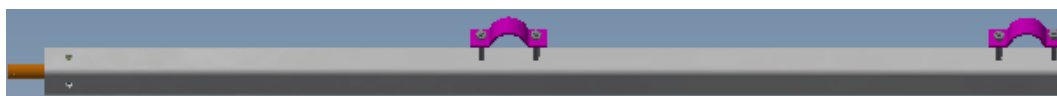


Výztuhy 02 mají tvar obdélníku (obrázek 3.25) a jsou vyrobeny z plechu tloušťky 5 mm. První obdélník má rozměry 80×576,5 mm. Druhý obdélník má rozměry 17×35 mm.



Obrázek 3.25: Obdélníkové výztuhy

V podsestavě sloupku (obrázek 3.26) jsou použity šestihřanné šrouby, ale nebudou se muset kreslit, jelikož je lze vyexportovat z knihovny materiálů, kterou program Inventor disponuje. Tyto kroky budou popsány v další kapitole.

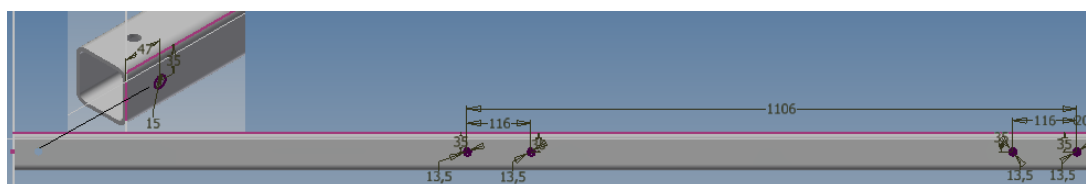


Obrázek 3.26: Sloupek

Tabulka 3.4: Soupis dílů sloupku

Č.	Název dílu	Rozměr [mm]	Délka [mm]
1	Jäckel	70×70×5	1950
2	Čep	Ø30	120
3	Zátka	60×60	8
4	Objímka	-	5

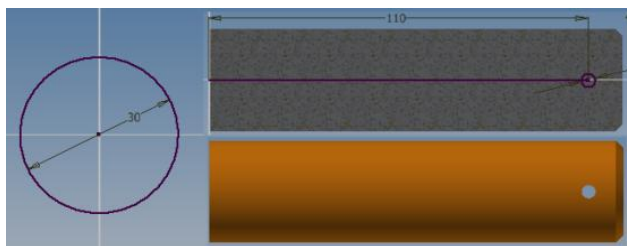
Hlavní jáckel, ve kterém je vyrobeno několik otvorů (obrázek 3.27), má rozměry 70×70 mm s tloušťkou stěny 5 mm a délkou 1950 mm. Otvory jsou umístěny 35 mm od vrchní hrany jáckelu a mají průměr 4×12 mm a 2×15 mm.



Obrázek 3.27: Jäckel sloupku

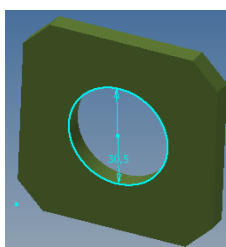
Čep (obrázek 3.28) je vyroben z kulatiny průměru 30 mm a délkou 120 mm, v němž je vyroben otvor průměru 4 mm ve vzdálenosti 110 mm od kraje,

kam se umístí závlačka. Také je vyrobeno zkosení o straně délky 2 mm. A protože byl čep již jednou kreslen, stačí ho pouze zkopírovat do příslušné složky.



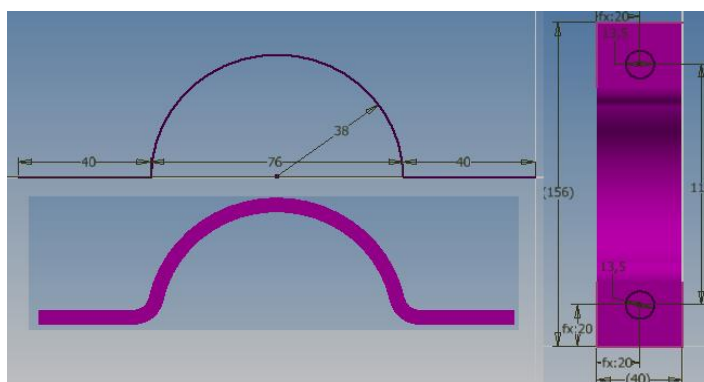
**Obrázek 3.28:** Čep sloupku

Dva kusy zátky (obrázek 3.29), které budou posléze navařeny do jáckelu, jsou vyrobeny z plechu tloušťky 6 mm, který má tvar čtverce se stranou délky 60 mm. V něm je vytvořen otvor průměru 30,5 mm. Všechny hrany jsou zkoseny o straně délky 8 mm.



**Obrázek 3.29:** Zátka

Objímka se vymodeluje pomocí funkce *Převést na plech*. Postup modelování je takový, že se nakreslí základní náčrt (obrázek 3.30), který se pak převede na součást, která je vyrobena z plechu tloušťky 5 mm, délky 145 mm a šířky 40 mm. Také zde budou vyrobeny dva otvory průměru 13,5 mm, které budou umístěny 20 mm od kraje.



**Obrázek 3.30:** Objímka

Branka (obrázek 3.31) je složena ze dvou dílčích sestav. První je v podstatě ohnutá trubka do tvaru U a druhá sestava je pant, který se skládá ze dvou dalších částí.

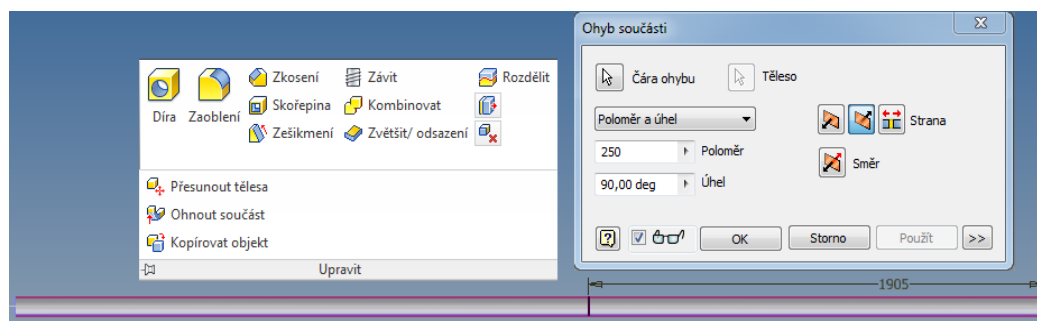


Obrázek 3.31: Branka

Tabulka 3.5: Soupis dílů branky

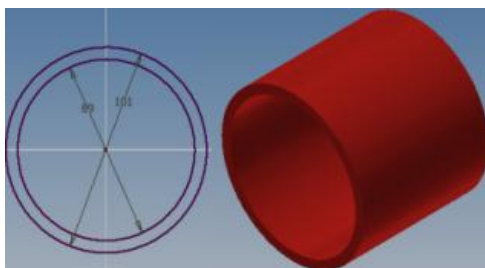
Č.	Název dílu	Rozměr [mm]	Délka [mm]
1	Trubka	Ø76×3	4300
2	Trubka	Ø101×1,5	89
3	Spona	-	5

Trubka má průměr 76 mm, tloušťkou stěny 3 mm a délku 4300 mm. Pro ohnutí se klikne pravým tlačítkem myši v ikoně *Počátek* na rovinu XY a vytvoří se nový náčrt, v němž se nakreslí přímka ve vzdálenosti 1905 mm od kraje. Náčrt se pak dokončí a rozklikne se ikona upravit, kde se zvolí možnost *Ohnout*. Do tabulky se vyplní poloměr a úhel ohybu, tedy 250 mm a 90° (obrázek 3.32). Daný krok se aplikuje i na druhou stranu trubky, aby bylo docíleno požadovaného U - tvaru.



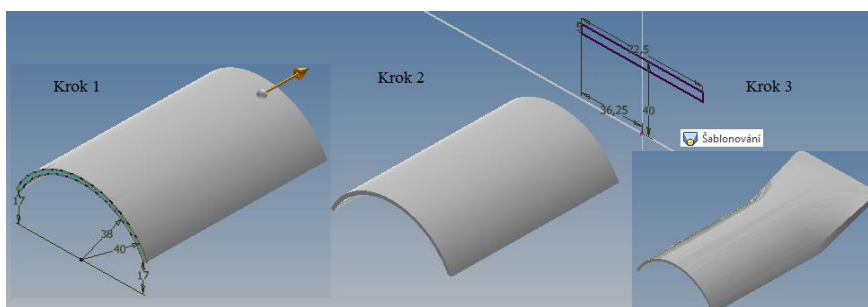
Obrázek 3.32: Ohnutí trubky

Pant je sestaven z trubky a dvou spon. Trubka má vnější průměr 101 mm, vnitřní 98 mm a délku 89 mm (obrázek 3.33).



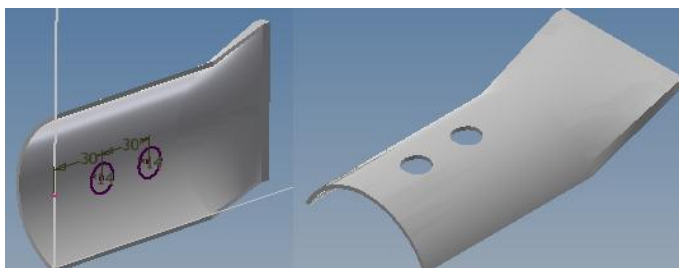
**Obrázek 3.33:** Trubka pantu

K tvorbě spony je použita funkce šablonování, kde se nejprve nakreslí půlkruhové tělo objímky, které má poloměr 40 mm a délku 100 mm. Po vymodelování těla se klikne na rovinu XZ, tak aby se zobrazila a zvolí se funkce *rovina*. Klikne se myší na zobrazenou rovinu XZ a posune se směrem k druhému konci součásti. Zobrazí se tabulka, do níž se vyplní vzdálenost nové roviny, tedy 150 mm. Na rovinu se nakreslí nový náčrt v podobě obdélníku (obrázek 3.34), který měří 72,5 mm na délku a 5 mm na výšku a vysune do vzdálenosti 5 mm. Pomocí funkce *Šablonování* se klikne myší na plochu půlkruhu a na plochu obdélníku a měla by se vytvořit šablona.



**Obrázek 3.34:** Spona

Ještě je potřeba vytvořit dva otvory průměru 14 mm, vzdálených 30 mm od sebe. Do otvorů se později budou vkládat šrouby. To se provede vytvořením nového náčrtu s otvory na rovině XY (obrázek 3.35).



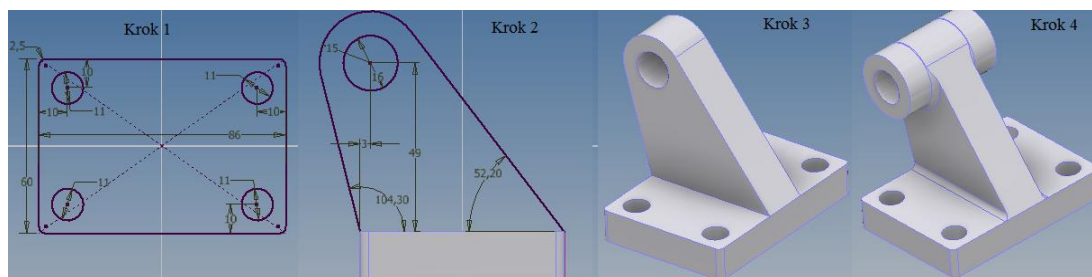
**Obrázek 3.35:** Hotový model spony

Poslední podsestava je pneumatický pístnicový válec. Jelikož je válec normalizovaná součásti, je možno veškeré jeho díly volně stáhnout z příslušné webové stránky [35]. Stačí se zde zaregistrovat a zdarma stahovat jakékoli 3D modely a sestavy. Díky této možnosti bude válec kreslen zjednodušeně. U každého použitého dílu bude uvedeno katalogové číslo, aby bylo možno ho dohledat.

**Tabulka 3.6** Soupis dílů válce

Č.	Název dílu	Katalogové číslo
1	Kotevní deska	1825805279
2	Spodní uložení	1827001593
3	Vidlicová hlava	1822122004
4	Pístnicový válec	0822344606

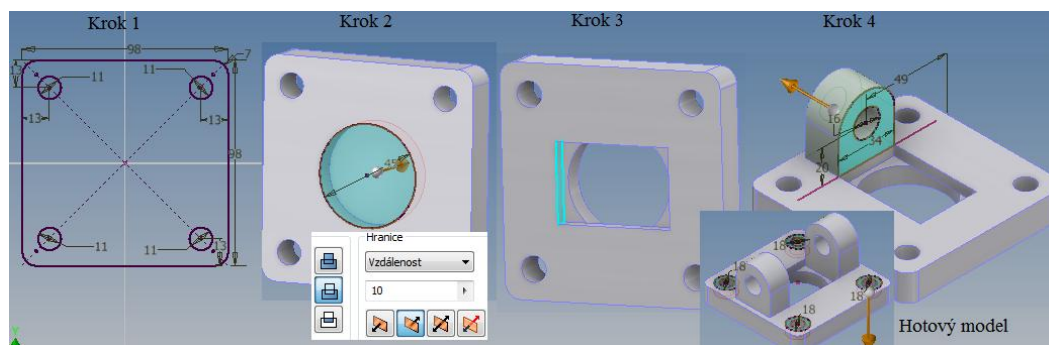
Kotevní deska má katalogové číslo 1825805279. Pomocí příkazu *Obdélník 2 bod a střed* se nakreslí základní tvar o rozměrech 86×60 mm s rohy zaoblenými 2,5 mm a čtyřmi otvory průměru 11 mm. Obdélník se vysune do tloušťky 14 mm a vytvoří se nový náčrt na rovině XY, kde se nakreslí požadovaný tvar, který se vysune na obě strany 20 mm (obrázek 3.36). Na závěr se nakreslí opět nový náčrt na plochu s otvorem, na něž se nakreslí kružnice průměru 30 mm, která bude vysunuta do vzdálenosti 15 mm. Zaoblení všech hran je 2,5 mm.



**Obrázek 3.36:** Kotevní deska

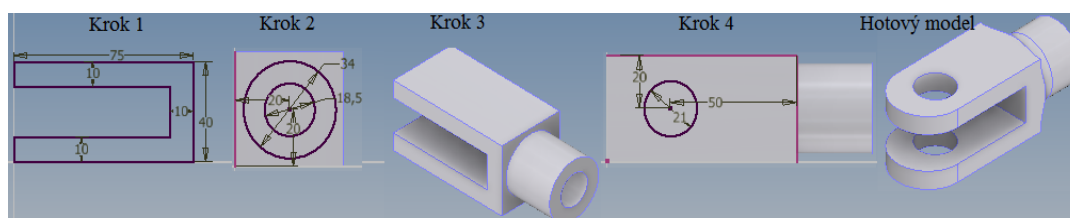
Spodní uložení válce má katalogové číslo 1827001593. Nakreslí se základní náčrt v podobě čtverce se stranou délky 89 mm s rohy zaoblenými 7 mm. Ve čtverci jsou dále umístěny čtyři otvory průměru 11 mm, které jsou odsazeny 13 mm od kraje. Výsledný tvar se vysune do tloušťky 16 mm. Na modelu se vytvoří nový náčrt se středovou kružnicí průměru 45 mm, která se odebere do hloubky 10 mm. Na druhé straně se nakreslí obdélník o rozměrech 50×34 mm, jenž se odebere do hloubky 6 mm. Dále se na zvýrazněné ploše (obrázek 3.37) vytvoří nový náčrt, v němž se nakreslí požadovaný tvar profilu, který bude vysunut do tloušťky 20 mm.

To se aplikuje i na protilehlou stěnu. Na závěr kroku se na všech čtyřech otvorech vytvoří zahloubení průměru 18 mm, odebrané do hloubky 8 mm.



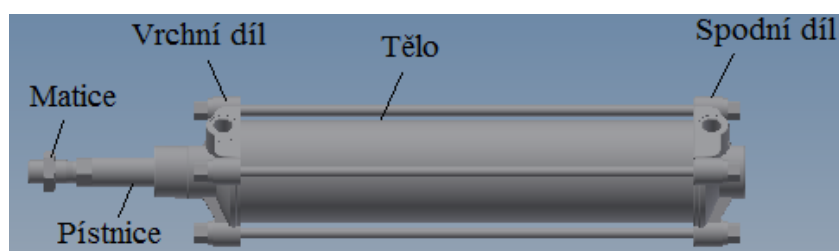
**Obrázek 3.37:** Spodní uložení válce

Vidlicová hlava má katalogové číslo 1822122004. Nejprve se nakreslí základní náčrt součásti, který se vysune do vzdálenosti 40 mm. Na zadní ploše vzniklého 3D modelu se vytvoří druhý náčrt v podobě dvou kružnic průměru 34 mm a 18,5 mm. Tento náčrt se vysune do vzdálenosti 30 mm. Na horní ploše modelu se vytvoří nový náčrt s průchozím otvorem průměru 21 mm (obrázek 3.38). Na závěr se použije zaoblení rohů s poloměrem 20 mm.



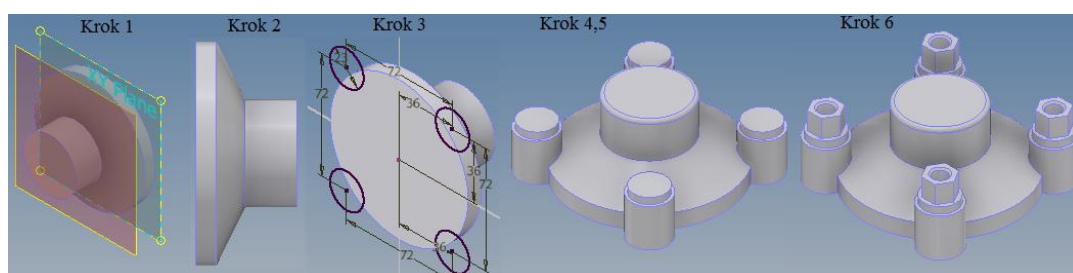
**Obrázek 3.38:** Vidlicová hlava

Poslední normalizovaný díl je samotný pneumatický pístnicový válec od firmy Bosch, který se skládá z pěti dílů. Katalogové číslo válce je 0822344606 (obrázek 3.39).



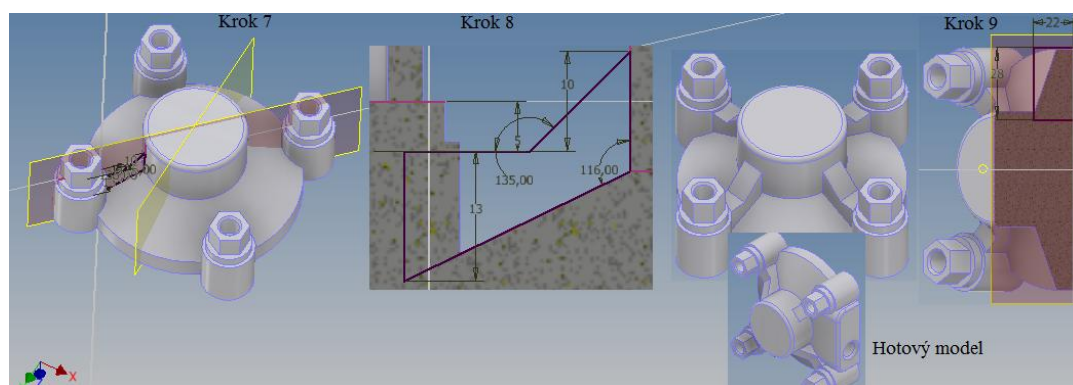
**Obrázek 3.39:** Pístnicový válec

Spodní kryt se vymodeluje vytvořením základního náčrtu s kružnicí průměru 94 mm a tloušťkou 9 mm. Poté se promítne nová rovina ve vzdálenosti 21 mm od původní roviny XY. Na této rovině se nakreslí kružnice průměru 45 mm, která se pak vysune do vzdálenosti 22 mm. Pomocí funkce *Šablonování* se obě vzniklé kružnice spojí. Následuje další nový náčrt v podobě čtyř kružnic průměru 23 mm, které se vysunou do tloušťky 24 mm. Na těchto kružnicích se vytvoří další náčrt opět s čtyřmi kružnicemi průměru 20 mm, které se vysunou do tloušťky 4 mm. Na nově vzniklé vysunutí se opět položí nový náčrt se čtyřmi polygony s délkou stran 15 mm. Uvnitř těchto polygonů bude vytvořena kružnice průměru 8,5 mm. Vzniklý tvar se vysune do tloušťky 11 mm (obrázek 3.40).



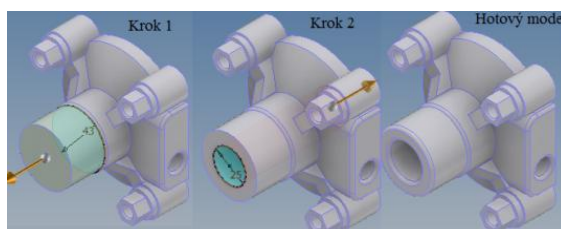
**Obrázek 3.40:** Postup modelování spodního válce

Vymodelování žeber se provede vytvořením nové roviny pod úhlem  $45^\circ$  od roviny XZ. Na této nově vzniklé rovině se nakreslí nový náčrt s tvarem budoucího žebra, které se vysune na obě strany do tloušťky 14 mm (obrázek 3.41). Další náčrt, který se vysune na obě strany do tloušťky 50 mm, bude umístěn na rovině XZ. Na závěr se na nově vzniklém vysunutí vytvoří otvor průměru 12 mm pro přívod vzduchu.



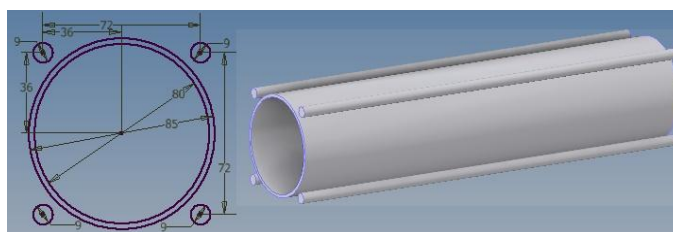
**Obrázek 3.41:** Spodní kryt válce

U vrchního krytu válce je postup modelování téměř stejný jako u spodního krytu, pouze zde budou navíc dva další náčrtů. První náčrt bude na ploše hrdla, kde se nakreslí kružnice průměru 43 mm, která se vysune do tloušťky 27 mm. Druhý bude na nově vzniklé ploše, kde se nakreslí kružnice průměru 25 mm, jenž bude odebrána skrze celý díl (obrázek 3.42).



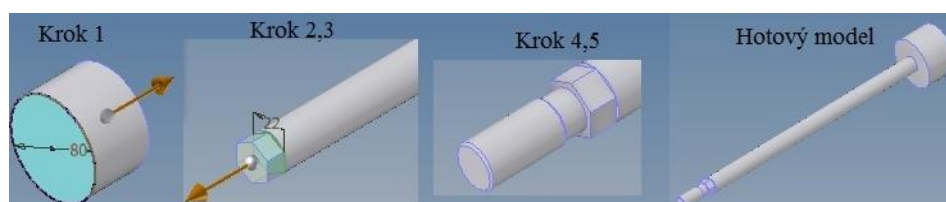
**Obrázek 3.42:** Vrchní kryt válce

U těla vychází postup modelování pouze z jednoho náčrtu (obrázek 3.43), který bude vysunutý do tloušťky 371,5 mm.



**Obrázek 3.43:** Tělo válce

U pístnice (obrázek 3.44) se nejprve vytvoří základní náčrt s kružnicí průměru 80 mm, která se vysune do tloušťky 51,5 mm. Na ploše modelu se vytvoří nový náčrt s další kružnicí průměru 25 mm, která se vysune do vzdálenosti 392,25 mm. Na vrchní ploše nově vzniklého vysunutí se vytvoří další náčrt s polygonem širokým 22 mm, který se vysune 12 mm. Na vrchní hranu polygonu se položí opět nový náčrt s kružnicí průměru 18 mm, která bude vysunuta 4 mm. Na této ploše se vytvoří poslední náčrt s kružnicí průměru 20 mm a vysunutou 36,5 mm. Na horní hraně je vyrobeno zkosení o straně délky 2 mm.

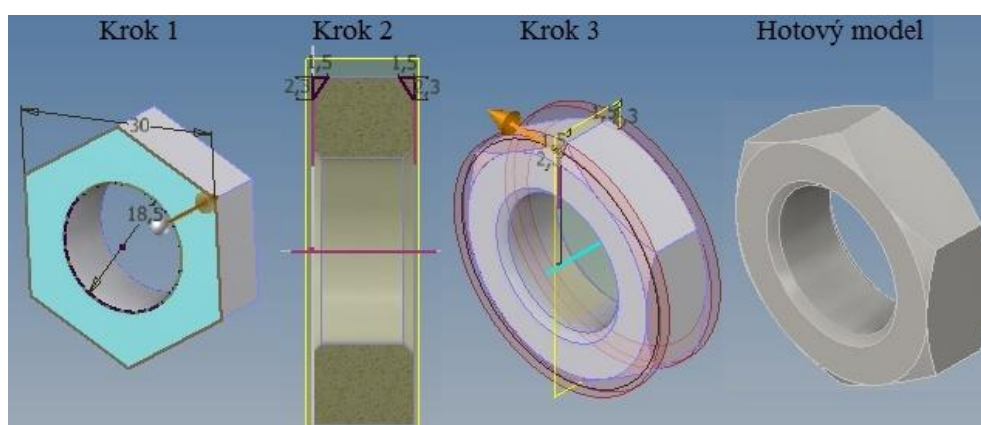


**Obrázek 3.44:** Pístnice



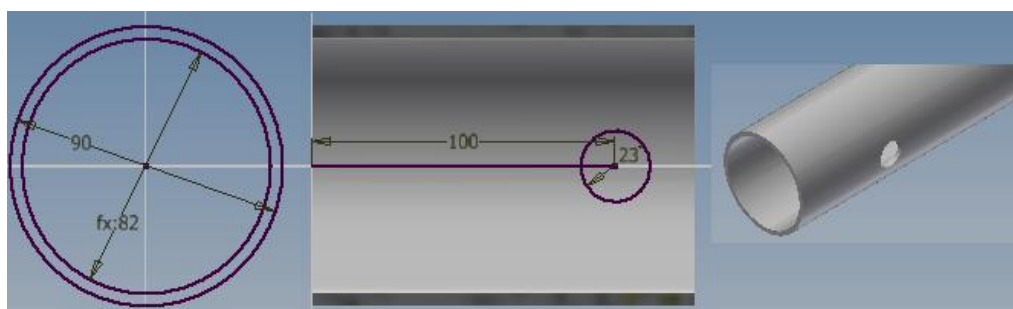
U matice (obrázek 3.45) vychází postup modelování opět pouze ze dvou náčrtů. Na prvním náčrtu se vytvoří polygon široký 30 mm a vysunutý do tloušťky 10 mm. V polygonu je nakreslen středový otvor průměru 18,5 mm. V hotovém náčrtu je ještě třeba promítnout osu Z, podle které se bude rotovat druhý náčrt. To se provede rozvinutím ikony *Počátek*, kde se pravým tlačítkem myši klikne na rovinu Z a zvolí se možnost *Viditelnost*.

Druhý náčrt bude na rovině XZ, kde se vytvoří dva trojúhelníky v rozích matice. Trojúhelníky se poté orotují s odebráním podél osy Z. Na závěr je vyrobeno zkosení hran středové díry 1 mm.



Obrázek 3.45: Matice

Poslední zbylý díl, který je nejdůležitější součástí sestavy hydraulické branky je hlavní nosný sloup celé sestavy, který je vyroben z trubky průměru 90 mm, se stěnou tloušťky 4 mm a délkou 2190 mm. Ještě je zde vyroben otvor průměru 23 mm, který je umístěn 100 mm od vrchní stěny (obrázek 3.46). Otvor se nakreslí pomocí nového náčrtu na rovině XY, kdy je opět je možno pro lepší orientaci rozříznout model podél této roviny použitím klávesy F7.

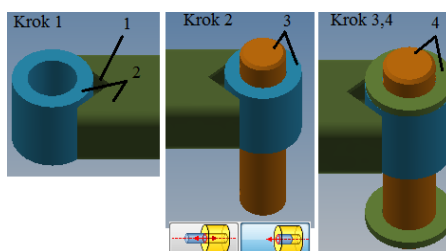


Obrázek 3.46: Nosný sloup

### 3.1 Tvorba sestav pneumatické branky

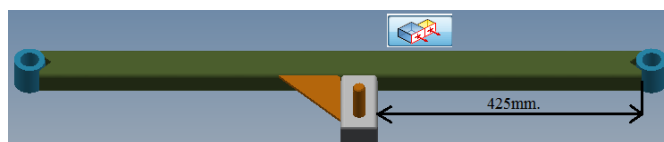
V této kapitole bude popsána tvorba jednotlivých sestav pneumatické branky. Existují dvě základní možnosti, vytváření sestav. První možností je vkládat všechny vymodelované díly do jednoho souboru, z něhož se pomocí vazeb vytvoří celková sestava. V této sestavě se následně označí díly každé dílčí podsestavy a pomocí klávesové zkratky *tabulátor* se z vybraných dílů vytvoří požadovaná podsestava. Druhá možnost je v podstatě opak první. Vytvoření každé podsestavy zvlášť a následné složení do celku. U této branky se jeví jako výhodnější druhá možnost modelování, tedy tvorba každé podsestavy zvlášť.

U táhla 02 se nejprve ukotví panty na oba konce jáckelu pomocí vazeb *Tečné* a *Proti sobě*. U tečné vazby se klikne na plochu 1 (obrázek 3.47) a na boční plochu pantu. Totéž se aplikuje i u protilehlé plochy. Při použití druhé vazby se klikne na vrchní plochu pantu a vrchní plochu jáckelu. Pant je odsazen 5mm od vrchní plochy jáckelu. Poté se usadí čep pomocí funkce *Vložit*, kde se klikne na horní plochu pantu, na horní plochu čepu a nastaví se odsazení 17,5 mm. Stejně tak se umístí podložky s odsazením 12,5 mm od vrchní plochy pantu.



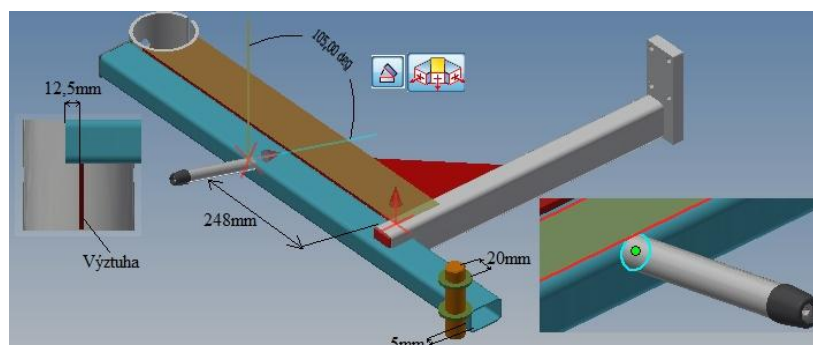
Obrázek 3.47: Podsestava táhla 02

Táhlo 01 má taktéž na obou koncích panty, které jsou vazbeny stejně jako u předešlé podsestavy. Malý jáckel se ukotví na své místo pomocí vazby *Proti sobě*, kde se klikne na čelní plochu malého a na boční plochu velkého jáckelu. V druhém kroku se, opět přes totožnou vazbu, klikne na vrchní plochu malého a vrchní plochu velkého jáckelu. Dále se klikne na čelní plochu velkého a na boční plochu malého jáckelu a nastaví se vzdálenost 425 mm (obrázek 3.48). Také je potřeba umístit výztuhu, která je od vrchní plochy jáckelu odsazena 6 mm. Tady se klikne na boční plochu výztuhy, na boční plochu malého jáckelu. Poté na vrchní plochu malého jáckelu a horní plochu výztuhy. U obou těchto kroků je použita vazba *Proti sobě*. Na závěr se pomocí vazby *Vložit* umístí čep na své místo.



**Obrázek 3.48:** Podsestava táhla 01

Podsestava ramena je velice jednoduchá na složení, jelikož každá výztuha je vyrobena přesně na míru. Proto je zde použito pouze minimum vazeb. S výjimkou dorazu jsou tu použity tečné vazby *Tečné* a *Proti sobě*. U dorazu s gumovým nástavcem je použita úhlová vazba  $105^\circ$ . Dále je u něho použita tečná vazba, u níž se klikne na spodní plochu dorazu a na zaoblenou plochu jáckelu. Dále bude opět použita tečná vazba na boční plochu jáckelu a plochu dorazu s odsazením 248 mm (obrázek 3.49). Poslední protiběžná vazba je použita na středový bod dorazu a vrchní plochu jáckelu, s odsazením -5mm. Čep je uchycen 5 mm od přední hrany jáckelu. Na čepu jsou uloženy podložky. První z nich leží přímo na ploše jáckelu a druhá je umístěna 20 mm od vrchní ploch čepu. Na svérce je ukotvena trojúhelníková výztuha, která je odsazena 12,5 mm od čelní plochy jáckelu.



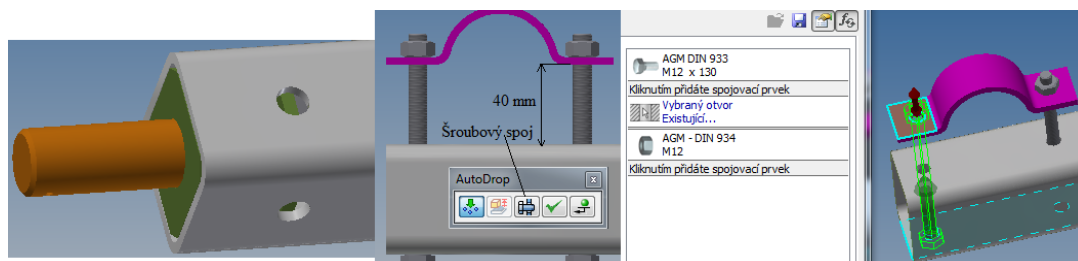
**Obrázek 3.49:** Podsestava ramene

V této sestavě je ještě umístěn imbusový šroub M6 délky 25 mm na spojení dorazu a nástavce dorazu. Šroub má normu DIN 912 (obrázek 3.50) a je umístěn z obsahového centra ze záložky *Spojovací materiál - Zápustné šrouby*.



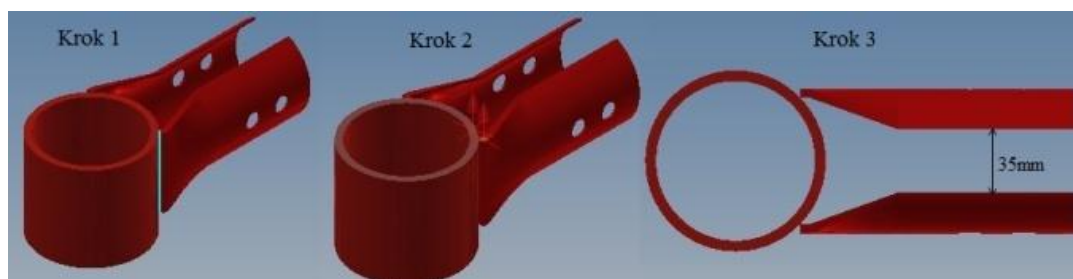
**Obrázek 3.50:** Umístění šroubu

U podsestavy sloupku jsou v jáckelu pomocí tečné vazby ukotveny dvě zátky. Spodní je umístěna 50 mm od horní plochy jáckelu a horní je umístěna zároveň se zmiňovanou plochou. V zátkách je vložen čep s odsazením 50 mm od vrchní plochy zátky (obrázek 3.51). Dále jsou zde vloženy objímky s odsazením 40 mm od plochy jáckelu. Posledními díly jsou šestihřanné šrouby a matice M12. Šrouby mají délku 130 mm a jsou umístěny z obsahového centra pomocí funkce *Šroubový spoj*, která se vytvoří kliknutím na díru v jáckelu a vrchní plochu objímky.



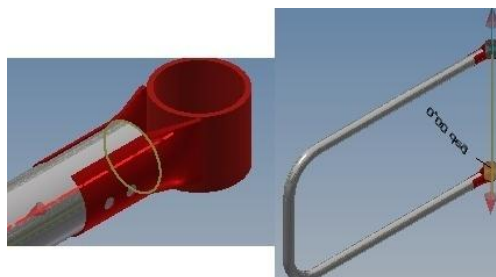
**Obrázek 3.51:** Podsestava sloupku

Branka, v níž je vložena další podsestava pantu, se nejprve se ukotví pant, který je složený z trubky a dvou spon. Pomocí tečné vazby se umístí spona na trubku tak, že se klikne na světle modře označenou hranu spony (obrázek 3.52) a na tělo trubky. Přes vazbu stejného směru se klikne na horní plochu trubky a spony. Nakonec se pomocí totožné vazby ukotví spony 35 mm proti sobě.



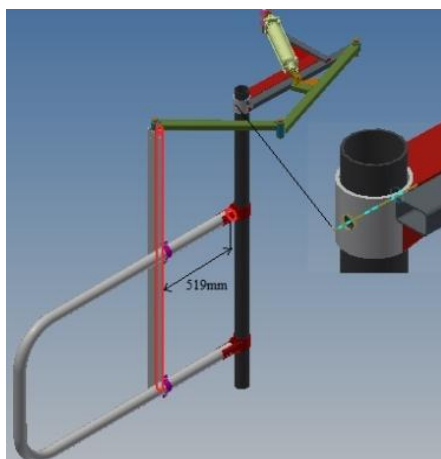
**Obrázek 3.52:** Podsestava pantu

Celková podsestava branky se zavazbí pomocí vložené vazby tak, že se vybere kružnice vzniklá mezi sponami a kružnice na přední ploše branky (obrázek 3.53). Tento postup se aplikuje také na druhý pant. Nakonec se použije vazba stejného směru, kde se klikne na středové osy obou trubek pantu.



**Obrázek 3.53:** Podsestava branky

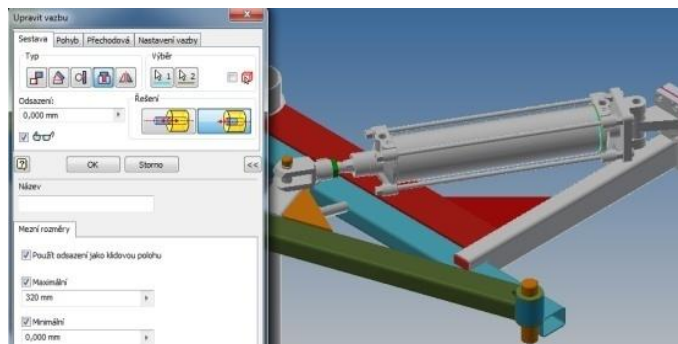
Na závěr se složí jednotlivě vymodelované díly a podsestavy do jednoho celku. Jako první se do nově vznikající sestavy vloží hlavní nosný sloup, aby se u něho zobrazil symbol špendlíku, což znamená pevnou vazbu. Dále se umístí rameno, které se vloží na sloup s odsazením 50 mm od vrchní plochy sloupu. Také je potřeba zavazbit osy otvoru ve sloupku a svěrky. Táhlo 01 se vloží mezi podložky na čepu ramene a táhlo 01 se vloží do pantu na druhém konci táhla 01. Sloupek se vloží do volného pantu táhla 02. Podsestava branky se nejprve ukotví vazbou *Proti sobě* na osy objímek na sloupku. Hlavní nosný sloupek se zavazbí pomocí totožné vazby. Nakonec se s použitím směrové vazby ukotví sloupek k čelní ploše ohnuté trubky s odsazením 519 mm (obrázek 3.54).



**Obrázek 3.54:** Sestava pneumatické branky

Úplně poslední sada vazeb se použije k ukotvení pístnicového válce, kde se nejprve umístí na své místo kotevní deska, s použitím vazby *Vložit* tak, že se klikne na jednu ze čtyř kružnic na desce ramena a na kružnici v kotevní desce. Podobně se zakotví i spodní a také horní díl válce. Pro sestavování pístnice bude použita nadstavba vazby vložit, což je v podstatě nastavení mezních rozměrů pro pohyb vazby. Zde se klikne na spodní plochu pístnice a spodní plochu těla válce. V tabulce

se nastaví maximální odsazení 320 mm a minimální 0 (obrázek 3.55). Nakonec se pomocí vazby *Vložit* umístí matice a vidlicová hlava.



Obrázek 3.55: Usazení pístnicového válce

## 3.2 Tvorba výkresové dokumentace

Publikace [36] uvádí pro tvorbu výkresové dokumentace následující postup:

*„Technické výkresy jsou základními dokumenty pro všechny etapy výrobního procesu, tj. pro etapu předvýrobní, výrobní i odbytovou. V předvýrobní etapě konstrukce na základě studií návrhářů výkresovou dokumentaci a provede příslušné výpočty - tzv. konstrukční příprava. Technolog navrhne podle výkresové dokumentace výrobní postupy, vhodné nástroje, pomůcky a polotovary - tzv. technologická příprava - a útvar zásobování zajistí předepsané materiály, nářadí, pomůcky a polotovary.*

*Ve výrobní etapě jsou podle výrobních výkresů zhotoveny jednotlivé součásti, ze kterých se na montáži sestavují podle výkresů podsestav a sestav montážní jednotky a celky. Závěrečnou fází před odbytovou expedicí je kontrola a zkoušení dobrých výrobků. V odbytové etapě jsou využívány pomocné výkresy, např. nabídkové, reklamní a zvláštní“.*

Modul Inventoru pro 2D kreslení umožňuje automaticky vytvořit 2D výkres z 3D modelu nebo ze sestavy. K tvorbě výkresu je nutné se v programu přesunout do příslušného rozhraní, což se provede výběrem nového soubor typu *idw* v dialogu *Nový*. Na pásu karet se zobrazí nástroje pro tvorbu sestav. Automaticky se vytvoří požadované pohledy (narys, půdorys, bokorys, axonometrický pohled atd.), mohou se také vytvořit kóty, které byly definovány na modelu.

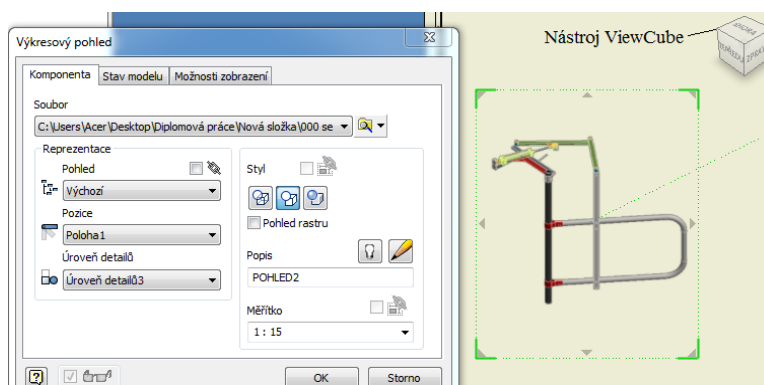
V praxi je pak postup takový, že se z 3D modelu nebo ze sestavy automaticky vytvoří potřebné pohledy případně řezy a ručně se okótuje, včetně tolerancí a opraco-

vání. Po změně 3D modelu se automaticky aktualizuje i výkres. Většina kót zůstane na svém místě a upraví se podle potřeby. Pokud dojde k velké změně tvaru součásti, některé kóty Inventor neumí vytvořit a výkres je nutno ručně dokótovat. V modulu 2D kreslení jsou k dispozici dvě karty s ikonovými panely (obrázek 3.56). Jeden pro tvorbu pohledů, řezů a podobně, druhý pro kótování, pozice a tak podobně.



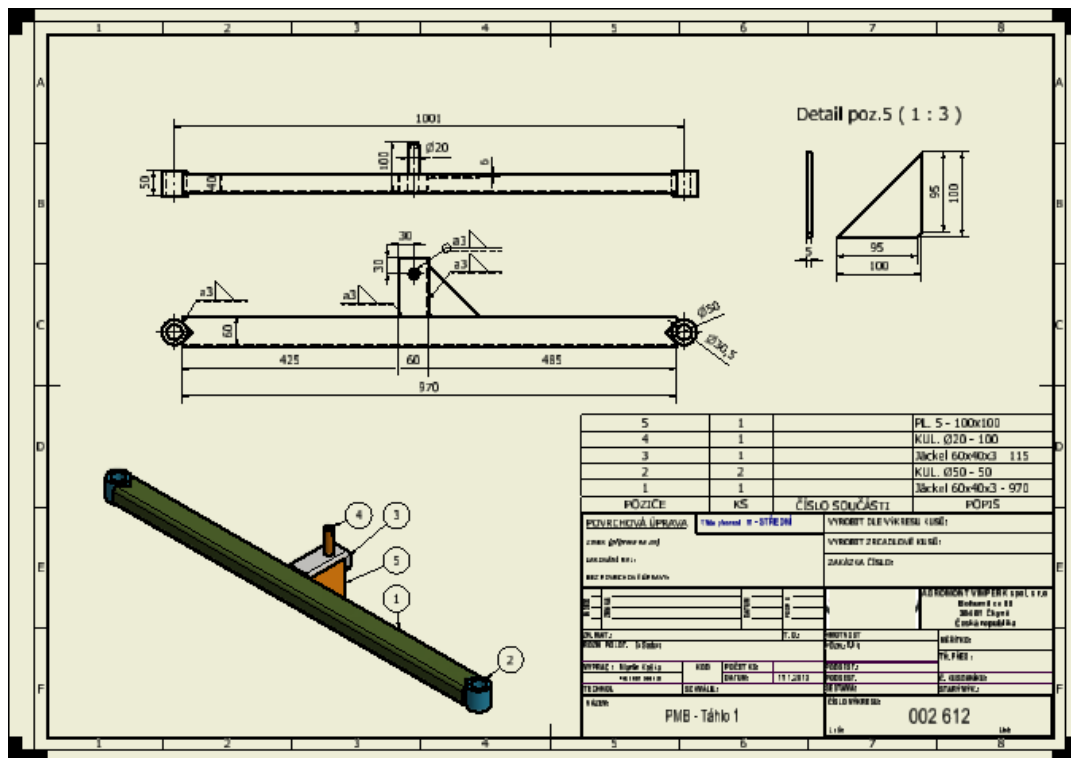
Obrázek 3.56: Modul pro 2D kreslení

Po přemístění se do rozhraní pro výkresovou dokumentaci se pomocí ikony *Základní pohled* umístí požadovaný model. Objeví se příslušná tabulka (obrázek 3.57), ve které lze nastavit orientaci modelu na ploše, měřítko, pohled a styl výkresu. Pomocí nástroje *ViewCube* lze také pohled libovolně otáčet.



Obrázek 3.57: Umístění modelu do výkresu

Pro představu práce s kótami je umístěn výrobní výkres podstavy ramene (obrázek 3.58), kde jsou umístěny také značky svárů, pozice jednotlivých dílů a detail plechové výztuhy v měřítku s popisem. Nechybí ani 3D model v měřítku, jenž se umísťuje pro lepší orientaci v sestavě. Veškeré zmíněné kroky lze libovolně měnit a upravovat pouhým dvojklikem myši. Samozřejmostí je i kusovník, který se umístí pomocí stejnojmenné ikony v panelu *Poznámka*. Kusovník lze upravovat také dvojklikem myši. Podobným způsobem vytvořit výrobní výkresy všech podstav a jednotlivých dílů.

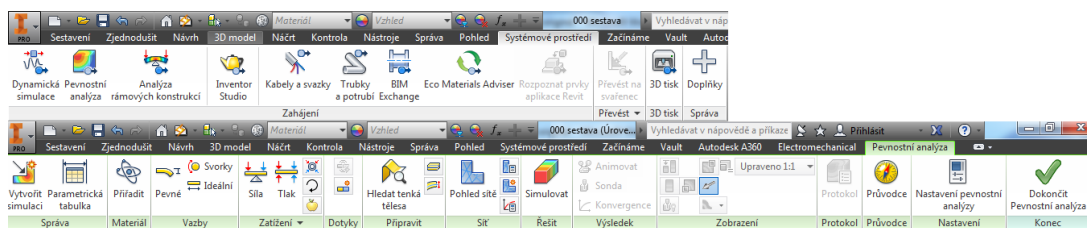


Obrázek 3.58: Výkres ramene

### 3.3 Ověření funkčnosti pneumatické branky

Po vytvoření všech dílů, složení dílů do podsestav a vytvoření plně zavazbené celkové sestavy, je možno podrobit ji mechanickému namáhání. Takto se ověřuje, zda použitý materiál vyhovuje. Když ne, tak je nutno zvětšit rozměr, či tloušťku. V opačném případě je možno zmenšovat a ušetřit tak na váze, materiálech a v první řadě na celkových nákladech.

Právě pro tyto účely disponuje inventor modulem pro pevnostní dynamickou analýzu a také analýzu rámových konstrukcí (obrázek 3.59). Tento modul je umístěn na kartě *Systémové prostředí*. Po výběru pevnostní analýzy se zobrazí okno s panelem pro práci s tímto modulem.



Obrázek 3.59: Modul pro práci a analýzami



Po seznámení s prostředím je možno zahájit vlastní práci. Jelikož je použit normalizovaný pneumatický válec, je potřeba nejdříve zjistit, zda bude vyhovovat z hlediska jeho parametrů. Pro tento účel existuje příslušná webová stránka [37]. Na zmiňované stránce je počítadlo, kde se vyplní pracovní tlak, průměr pístu a průměr pístnice. V tomto případě: 10 barů, 80 mm, 85 mm (obrázek 3.60). Z výsledku je patrné, že zvolený válec plně postačuje pro jeho použití na celkový model.

p tlak	10	bar
D průměr pístu	80	mm
d průměr pístnice	85	mm
<b>VYPOČÍTAT</b>		

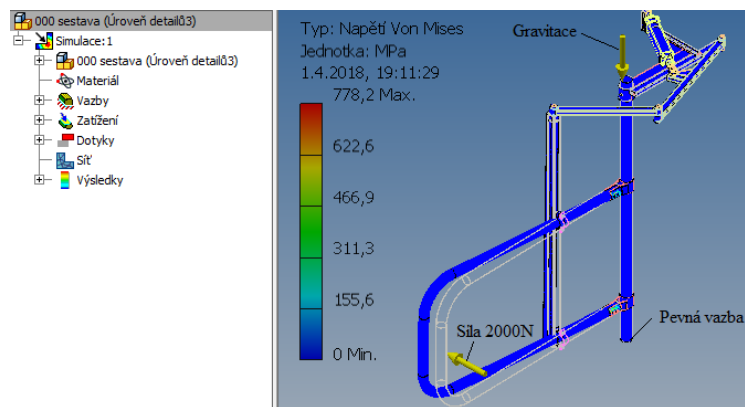
Výstupní hodnoty

$F_1$ teoretická síla při vysouvání	5026.5482	N
$F_2$ teoretická síla při zasouvání	-647.9535	N
$F_1$ praktická síla při vysouvání	2513.2741	N
$F_1$ praktická síla při zasouvání	-323.9767	N

**Obrázek 3.60:** Výpočet sil pneumatického válce

Po úspěšné kontrole válce je možno přejít na samotnou pevnostní analýzu kompletního 3D modelu. Ten musí být v uzavřené poloze (píst zcela zasunut). Pro analýzu se použije funkce *Pevnostní analýza*, v příslušném modulu se vybere ikona pevné vazby a umístí se pouze na spodní plochu hlavního nosného sloupu, protože zde je plocha ukotvena v betonu. Po zvolení pevné plochy se pomocí ikony *Síla* vybere umístění jejího hlavního působíště. V tomto případě to bude koncová plocha trubky na brance, kde se nastaví síla 2000 N, což odpovídá tíze tělesa o hmotnosti 200 kg. Také je nutno zahrnout gravitační sílu působící na model. K tomu se využije funkce *Gravitace* (symbol žlutého jablka), jejíž šipka se umístí na horní plochu nosného sloupu (obrázek 3.61).

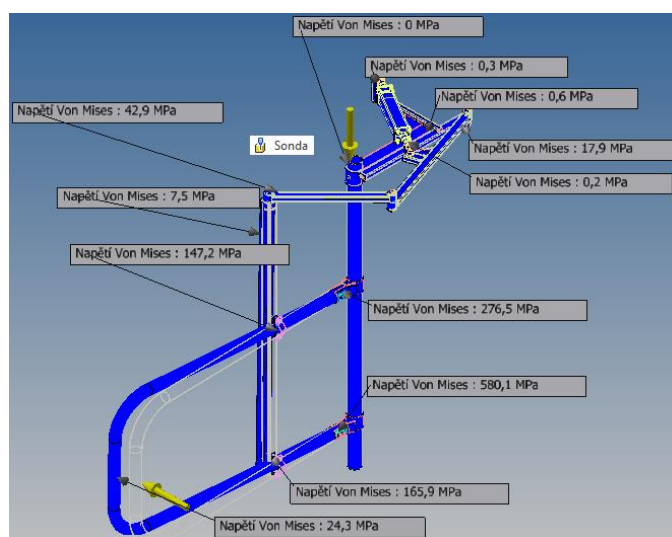
Po nastavení požadovaných parametrů se zvolí funkce *Simulace*, po jejímž spuštění je zahájen výpočet. V probíhající tabulce se po chvíli začnou objevovat doporučení ve žlutých vykřičnících, ale většina z nich není pro celkový výsledek nijak důležitá. Jediné upozornění, které je nutno akceptovat je varování před chybějícími vazbami. Po vytvoření simulace lze upravovat veškeré parametry zobrazené v tabulce. Když je nějaký díl chybně nebo nedostatečně ukotven, lze ho upravit pomocí funkce *Dotyky* dovazbit.



**Obrázek 3.61:** Analýza branky

Z výsledku analýzy je patrné, jakým způsobem reaguje propouštěcí branka na svoji vlastní tíhovou sílu. Jednotlivé stupně pnutí v tělese jsou barevně znázorněny v postraním panelu společně s číselnou hodnotou tlaku. S přihlédnutím k tomu, že bylo působiště síly umístěno až na konec branky, lze vyvodit několik postupů řešení. Jedním s nich by bylo použití trubek většího průměru. S tím související použití trubky většího průřezu, případně použití další výztuhy v podobě příčky. Také je patrné prohnutí sloupku, jež by mělo totožné řešení. Dalším problémem je vytrhnutí spon z trubky pantu. Zde by bylo opět řešení použít spony ze širšího plechu a vyrobit zde větší sváry. Dále není patrné žádné další vážnější poškození, které by mělo zásadní vliv na funkčnost branky.

Tímto však možnosti simulace zdaleka nekončí, jelikož lze pomocí funkce *Sonda* (obrázek 3.62) umístit na libovolný díl v sestavě popisek. Na popisku je zobrazena přesná číselná hodnota namáhání daného dílu v MPa.



**Obrázek 3.62:** Aplikace sondy

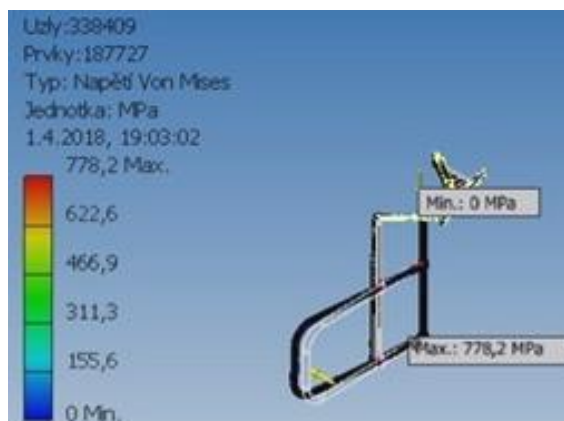
Další velice užitečnou funkcí pro simulace je *Protokol*. Po zvolení této funkce se zobrazí dialog *Zpráva*. Na kartě *Obecné* se určí název práce, autor, cesta k logu, souhrn a případně velikost obrázku. V části *Umístění zprávy* se zadá název souboru a přejde se k existující složce, případně se zadá cesta. Výchozí cesta je na stejném umístění jako soubor součásti nebo sestavy, který je analyzován.

Pomocí zmíněné funkce lze od Inventoru získat kompletní zprávu o všech parametrech týkajících se daného 3D modelu. Ve zprávě jsou uvedeny například vlastnosti celé sestavy (autor projektu, váha, plocha, objem atd.). Dále kompletní výpis materiálu každého dílu plus jeho základní vlastnosti a veškerý použitý spojovací materiál. Také je zde uveden kompletní popis každého kroku, nastavení a dotyků, které byly použity v simulaci. Uveden je zde také kompletní soupis všech výsledků simulace (tabulka 3.5), který je doprovázen obrázkem.

**Tabulka 3.7:** Výsledky simulace

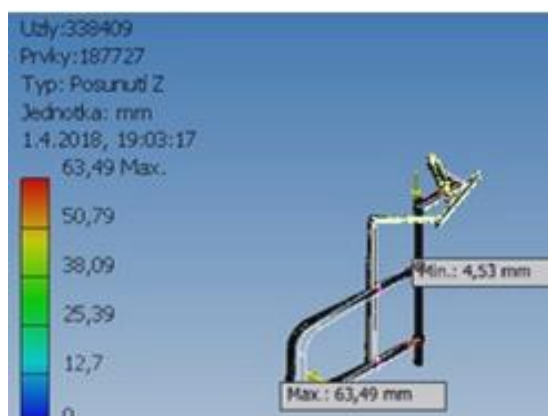
Název	Minimální hodnota	Maximální hodnota
Objem	12801700 mm <sup>3</sup>	
Hmotnost	100,5 kg	
Napětí Von Mises	0 MPa	778,23 MPa
Posunutí	0 mm	63,6 mm
Součinitel bezpečnosti	0,266 ul	15 ul
Napětí na rovině XX	- 467,94 MPa	506,47 MPa
Napětí na rovině XY	- 440,16 MPa	352,3 MPa
Napětí na rovině XZ	- 313,62 MPa	220 MPa
Napětí na rovině YY	- 338,28 MPa	349 MPa
Napětí na rovině YZ	- 194,03 MPa	241,7 MPa
Napětí na rovině ZZ	- 767,15 MPa	792,21 MPa
Posunutí v ose X	- 2,78 mm	2,05 mm
Posunutí v ose Y	0 mm	3,94 mm
Posunutí v ose Z	4,53 mm	63,5 mm
Stykový tlak	0 MPa	1722 MPa
Stykový tlak na ose X	- 906,8 MPa	1084,24 MPa
Stykový tlak na ose Y	- 322,6 MPa	404,24 MPa
Stykový tlak na ose Z	-1400,8 MPa	1465 MPa

Na obrázku 3.63 je zobrazeno napětí Von Mises, které je uvedeno v tabulce 3.5. Minimální hodnota namáhání činí 0 MPa a maximální hodnota 778,2 MPa.

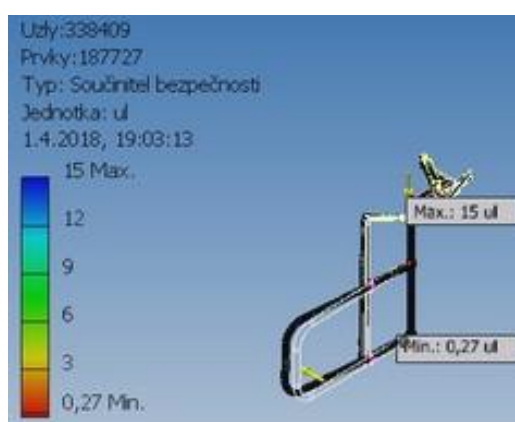


**Obrázek 3.63:** Napětí Von Mises

Na obrázku 3.64 je zobrazeno posunutí v ose Z, které je uvedeno v tabulce 3.5. Minimální hodnota namáhání činí 4,53 mm a maximální hodnota 63,5 mm.



**Obrázek 3.64:** Posunutí v ose Z



**Obrázek 3.65:** Součinitel bezpečnosti

Na posledním obrázku 3.65 je zobrazen součinitel bezpečnosti, který je uveden v tabulce 3.5. Minimální hodnota Součinitele činí 0,27 ul a maximální hodnota 15 ul.

## Závěr

Tato práce se věnovala moderním animačním a vizualizačním programům. V největší míře pak programu Autodesk Inventor 2016, v němž byla vymodelována pneumaticky ovládaná branka, která se používá k přepouštění dobytka z jedné části haly (lehárna) do druhé (krmení). Branka je ovládána pomocí vzduchu a je možno ji ovládat z více míst. Pracovní tlak použitého pneumatického válce je až 10 barů a z matematického propočtu vyplynulo, že plně vyhovuje pro použití na branku.

První část diplomové práce se věnuje obecně CAD systémům. Tato část je zaměřena na stručnou historii vzniku těchto systémů, která se datuje od roku 1950. Dále pak jejich základnímu rozdělení na CAD, CAE a CAM systémy.

V druhé části práce je uveden výčet funkcí a možností vybraných animačních a vizualizačních programů. Konkrétně se jedná o programy SolidWorks, Catia, Solid Edge, Pro/ENGINEER, NX a Autodesk Inventor, kterému je věnována největší pozornost.

V praktické části je popsána tvorba jednotlivých dílů pneumatické branky, jejich složení do podsestav a vytvoření celkové sestavy. Také jsou zde nastíněny základy tvorby výkresové dokumentace s názornou ukázkou výrobního výkresu jedné z podsestav.

V úplném závěru je branka podrobena základním druhům namáhání z důvodu zjištění funkčnosti komplexní sestavy. K tomuto účelu byla zvolena pevnostní analýza, při níž působila na branku síla 2000 N, což odpovídá tíze tělesa o hmotnosti 200 kg. Dle očekávání bylo nalezeno několik míst s pružnými deformacemi. Z výsledků vyplynulo, že při tomto zatížení se branka vychýlí o 63,5 mm oproti původní poloze. Z několika možných variant na minimalizaci těchto deformací se jeví jako nejvhodnější řešení zvolení trubek a jáckelů s větším průřezem, případně použití materiálů větších rozměrů. Tento krok logicky navyšuje výslednou cenu pneumatické branky.

Cílem práce bylo vytvořit výukový materiál srozumitelný pro studenty, kteří by se chtěli věnovat modelování v programu Autodesk Inventor Professional. Autor se zároveň snažil udělat obsah práce zajímavým tak, aby motivoval k dalšímu rozvoji znalostí dané problematiky. K cíli se tato práce snaží dospět získanými in-

formacemi z odborné literatury, praktickými poznatky při práci v konstrukční kanceláři a konzultacemi s pracovníky z odborných pracovišť.

Práce byla takto koncipována pro potřebu vytvoření vhodného podkladu pro studenty oboru Zemědělská a dopravní technika. Materiál s takovým zaměřením nebyl do současné doby na Zemědělské fakultě Jihočeské univerzity zpracován. Autor zároveň projevil snahu o zavedení studentské verze Autodesk Inventoru Professional do učeben.

Velký dík patří společnosti AGROMONT Vimperk spol. s r.o. za poskytnutí licence na zmíněný program a hlavně za poskytnutí přístupu k zvolenému modelu.

## Přehled literatury

- [1] Stručná historie CAD/CAM až po současnost. [online]. © 2002. [cit. 2017-10-21]. Dostupné z: [http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2\\_CAD-CAM.htm](http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm) .
- [2] Vévoda A. (2009). Porovnání moderních 3D CAD programů. [Bakalářská práce]. Brno, 49 s. Vysoké Učení Technické v Brně, fakulta strojního inženýrství, ústav výrobních strojů, systémů a robotiky.
- [3] Obecný úvod o CAD systémech. [online]. © 2017. [cit. 2017-10-21]. Dostupné z: [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=12865](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=12865).
- [4] The history of CAD. [online]. © 1999-2003. [cit.2017-10-26]. Dostupné z: <http://www.mbdesign.net/mbinfo/CAD-History.htm>.
- [5] Maňas L. (2013). Možnosti programu CATIA V5 při konstrukci plošných prvků. [Bakalářská práce]. Zlín, 62 s. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [6] Baroň P. (2014). Porovnání CAD programů. [Bakalářská práce]. České Budějovice, 50 s. Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta, katedra aplikované fyziky a techniky.
- [7] Chovanec T. (2011). Modelování součástí v programu Pro/ENGINEER. [Bakalářská práce]. Zlín, 59 s. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [8] SolidWorks - 3D CAD navrhování. [online]. [cit.2017-10-29]. Dostupné z: <https://www.solidvision.cz/solidworks/>.
- [9] Vláčilová H.; Vilímková M. a Hencl L. SolidWorks. Vyd. 1., Brno: Computer Press, 2006, 319 s. ISBN 80-251-1314-0
- [10] Catia. [online]. [cit. 2017-11-3]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/>.
- [11] Fořt P. a Kletečka J. Inventor: Tvorba digitálních prototypů, 3. aktualiz. vyd., Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-3728-4.
- [12] Catia V5 - Mafiandoc.com. [online]. © 2018. [cit. 2017-11-07]. Dostupné z: <http://www.sps-prosek.cz/soubory/S/CAD/navodCatia.pdf>.

- [13] Tickoo, Sham. CATIA: kompletní průvodce. Přeložil Jindřich JONÁK. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-3527-3.
- [14] Mánek P. (2009). Využití adaptivních CAD systémů pro modelování elektrických strojů. [Bakalářská práce] Brno, 49 s. Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [15] Úvod do programu Solid Edge. [online]. [cit.2017-11-09]. Dostupné z: [http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/knihy/CAD/Solidedge\\_-\\_zklady.pdf](http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/knihy/CAD/Solidedge_-_zklady.pdf).
- [16] Komunikační schopnosti konstrukčního softwaru. [online]. © 2018. [cit.2017-11-10]. Dostupné z: <http://www.digitovarna.cz/clanek84/komunikacni-schopnosti-konstrukcniho-softwaru.html>.
- [17] PTC Creo. [online]. © 2018. [cit.2017-11-12]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/PTC\\_Creo](https://en.wikipedia.org/wiki/PTC_Creo).
- [18] PRO/Engineer je mrtev, ať žije CREO! [online]. © 2014. [cit.2017-11-13]. Dostupné z: <https://www.konstrukter.cz/2010/10/28/proengineer-je-mrtev-at-zije-creo/>.
- [19] NX (program). [online]. © 2014. [cit.2017-11-16]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/NX\\_\(program\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/NX_(program)).
- [20] Forbelský J. (2014). Možnosti CAM softwaru NX při programování CNC obráběcích strojů. Brno, 71 s. Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [21] Cad studio - Inventor [online]. © 2018. [cit.2017-11-20]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/inventor>
- [22] Autodesk. [online]. © 2018. [cit.2017-11-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Autodesk>.
- [23] Inventor 2018 na SSPU. pdf. [online]. [cit.2017-11-22]. Dostupné z: [http://www.sspuopava.cz/~dolezi/ICT/3\\_rocnik/Inventor\\_2018\\_na\\_SSPU.pdf](http://www.sspuopava.cz/~dolezi/ICT/3_rocnik/Inventor_2018_na_SSPU.pdf)
- [24] Studijní materiál k programu Autodesk Inventor Professional 2016. [online]. [cit.2017-11-23]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1441/podzim2015/TE2MP\\_PM1/um/Studijni\\_material\\_PM-1.pdf](https://is.muni.cz/el/1441/podzim2015/TE2MP_PM1/um/Studijni_material_PM-1.pdf).



- [25] Solid Edge. [online]. © 2018. [cit.2017-11-23]. Dostupné z:  
<https://www.plm.automation.siemens.com/store/en-us/solid-edge/>.
- [26] Fořt P. a Kletečka J. Inventor: Adaptivní modelování v průmyslové praxi, Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0389-7.
- [27] Fořt P. a Kletečka J. Technické kreslení. Praha 4 : Computer Press, 1999. 193 s. ISBN 80-7226-542-3.
- [28] Cloud computing. [online]. © 2018. [cit.2017-12-09]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](https://cs.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing).
- [29] Cad studio - Autodesk Fusion - Cloudový 3D CAD/CAM/CAE. [online]. © 2018. [cit.2017-12-09]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/fusion360>.
- [30] Konstrukter. [online]. © 2014. [cit.2017-12-10]. Dostupné z:  
<https://www.konstrukter.cz/2015/03/03/autodesk-fusion-360-vas-nauci-konstruovat-on-line/>.
- [31] 3D Inventor blog. [online]. © 2012. [cit.2017-12-11]. Dostupné z:  
<http://www.inventor3dblog.cz/fusion-360/>.
- [32] 3D - tisk. cz. [online]. © 2012-2018. [cit.2017-12-12]. Dostupné z:  
<https://www.3d-tisk.cz/cloudovy-3d-modelar-onshape-je-v-ostre-verzi-nadale-i-s-bezplatnym-tarifem-%e2%80%a2-co-nabizi-navrharum-pro-3d>.
- [33] Dassault Systemes. [online]. © 1995-2018. [cit.2018-02-20]. Dostupné z:  
[http://help.solidworks.com/2011/Czech/solidworks/sldworks/LegacyHelp/Sldworks/UI/User\\_Interface\\_Overview.htm](http://help.solidworks.com/2011/Czech/solidworks/sldworks/LegacyHelp/Sldworks/UI/User_Interface_Overview.htm).
- [34] Základy systému Pro/Engineer. [online]. [cit.2018-02-21]. Dostupné z:  
[https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/dokumenty\\_opory/KKS\\_CAE-Zaklady\\_systemu\\_-proengineer\\_verze\\_1\\_1.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/dokumenty_opory/KKS_CAE-Zaklady_systemu_-proengineer_verze_1_1.pdf)
- [35] Design Library. [online]. © 2018. [cit.2018-03-16]. Dostupné z:  
[https://www.tracepartsonline.net/\(S\(jibznyn1qsjfekvrncgits\)\)/content.aspx](https://www.tracepartsonline.net/(S(jibznyn1qsjfekvrncgits))/content.aspx)
- [36] Švercl J. Technické kreslení a deskriptivní geometrie. Praha: Scientia 2003. ISBN 80-7183-297-9, s. 35.
- [37] <https://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/11-vypocet-sily-valce/133-vypocet-sily-pneumatickeho-valce> [cit.2018-03-25].

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Logo produktu SolidWorks .....	13
Obrázek 2.2 Pracovní prostředí produktu SolidWorks .....	14
Obrázek 2.3 Logo produktu CATIA .....	15
Obrázek 2.4 Pracovní prostředí produktu CATIA V5 .....	15
Obrázek 2.5 Logo produktu Solid Edge.....	17
Obrázek 2.6 Pracovní prostředí produktu Solid Edge.....	18
Obrázek 2.7 Logo produktu Pro/ENGINEER.....	19
Obrázek 2.8 Logo produktu Creo.....	19
Obrázek 2.8 Logo produktu Creo.....	19
Obrázek 2.9 Pracovní prostředí produktu Pro/ENGINEER.....	20
Obrázek 2.10 Logo produktu Siemens NX .....	22
Obrázek 2.11 Pracovní prostředí produktu NX 9.....	23
Obrázek 2.12 Logo společnosti Autodesk .....	25
Obrázek 2.13 Pracovní prostředí produktu Inventor.....	26
Obrázek 2.14 Uživatelský souřadný systém.....	27
Obrázek 2.15 Nabídka možností nového souboru .....	28
Obrázek 2.16 Prostředí pro tvorbu náčrtu .....	28
Obrázek 2.17 Základní náčrt součásti .....	28
Obrázek 2.18 Plně okótovaný náčrt .....	29
Obrázek 2.19 Prostředí pro 3D modelování.....	29
Obrázek 2.20 Vysunutí součásti.....	30
Obrázek 2.21 Tvorba modelu z plechu .....	30
Obrázek 2.22 Nastavení parametrů plechu .....	30
Obrázek 2.23 Rozhraní pro práci s plechovou součástí .....	31
Obrázek 2.24 Použití příkazu Obruba .....	31
Obrázek 2.25 Použití příkazu lem.....	31
Obrázek 2.26 Použití příkazu Ohnutí.....	32
Obrázek 2.27 Přehled vazeb.....	33
Obrázek 2.28 Logo produktu Fusion 360 .....	35
Obrázek 2.29 Logo produktu Onshape .....	36
Obrázek 3.1 Jednotlivé díly branky .....	37

Obrázek 3.2 Táhlo 02.....	37
Obrázek 3.3 Zaoblení stěn.....	38
Obrázek 3.4 Hotový náčrt jäckelu.....	38
Obrázek 3.5 Vysunutí jäckelu.....	39
Obrázek 3.6 Vysunutí požadovaného tvaru .....	39
Obrázek 3.7 Přiřazení materiálu.....	40
Obrázek 3.8 Vlastnosti modelu.....	40
Obrázek 3.9 Pant .....	40
Obrázek 3.10 Podložka .....	41
Obrázek 3.11 Čep táhla 02.....	41
Obrázek 3.12 Táhlo 01.....	41
Obrázek 3.13 Jäckel - 115mm.....	42
Obrázek 3.14 Čep táhla 01 .....	43
Obrázek 3.15 Žebro.....	43
Obrázek 3.16 Rameno.....	44
Obrázek 3.17 Jäckel s výřezem.....	44
Obrázek 3.18 Svěrka .....	44
Obrázek 3.19 Čep ramene .....	45
Obrázek 3.20 Podložka ramene.....	45
Obrázek 3.21 Tvorba závitu.....	45
Obrázek 3.22 Plastový nástavec.....	46
Obrázek 3.23 Držák .....	46
Obrázek 3.24 Trojúhelníkové výztuhy.....	46
Obrázek 3.25 Obdélníkové výztuhy.....	47
Obrázek 3.26 Sloupek .....	47
Obrázek 3.27 Jäckel sloupku.....	47
Obrázek 3.28 Čep sloupku .....	48
Obrázek 3.29 Zátka .....	48
Obrázek 3.30 Objímka .....	48
Obrázek 3.31 Branka.....	49
Obrázek 3.32 Ohnutí trubky.....	49
Obrázek 3.33 Trubka pantu.....	50
Obrázek 3.34 Objímka trubky.....	50
Obrázek 3.35 Hotový model svěrky.....	50

Obrázek 3.36 Nosný sloup .....	51
Obrázek 3.37 Spodní uložení válce.....	52
Obrázek 3.38 Vidlicová hlava.....	52
Obrázek 3.39 Pístnicový válec.....	52
Obrázek 3.40 Postup modelování spodního válce .....	53
Obrázek 3.41 Spodní kryt válce .....	53
Obrázek 3.42 Vrchní kryt válce .....	54
Obrázek 3.43 Tělo válce .....	54
Obrázek 3.44 Pístnice.....	54
Obrázek 3.45 Matice .....	55
Obrázek 3.46 Nosný sloup .....	55
Obrázek 3.47 Podsestava táhla 02.....	56
Obrázek 3.48 Podsestava 01 .....	57
Obrázek 3.49 Podsestava ramene.....	57
Obrázek 3.50 Umístění šroubu.....	57
Obrázek 3.51 Podsestava sloupku.....	58
Obrázek 3.52 Podsestava branky .....	58
Obrázek 3.53 Podsestava pantu.....	59
Obrázek 3.54 Sestava pneumatické branky .....	59
Obrázek 3.55 Usazení pístnicového válce .....	60
Obrázek 3.56 Modul pro 2D kreslení.....	61
Obrázek 3.57 Umístění modelu do výkresu .....	61
Obrázek 3.58 Výkres ramene.....	62
Obrázek 3.59 Modul pro práci a analýzami .....	62
Obrázek 3.60 Výpočet sil pneumatického válce .....	63
Obrázek 3.61 Analýza branky.....	64
Obrázek 3.62 Aplikace sondy .....	64
Obrázek 3.63 Napětí Von Mises .....	66
Obrázek 3.64 Posunutí v ose Z .....	66
Obrázek 3.65 Součinitel bezpečnosti .....	66

## Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Soupis dílů táhla 02.....	38
Tabulka 3.2 Soupis dílů táhla 01.....	42
Tabulka 3.3 Soupis dílů ramena.....	43
Tabulka 3.4 Soupis dílů sloupku.....	47
Tabulka 3.5 Soupis dílů branky .....	49
Tabulka 3.6 Soupis dílů válce .....	51
Tabulka 3.7 Výsledky simulace .....	65

# **Přílohy**

CD - R