

# **Elektronické podklady pro výuku tvorby sestav v Inventoru**

Lubomír Šiška

---

Bakalářská práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2005/2006

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lubomír ŠIŠKA**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Elektronické podklady pro výuku tvorby sestav  
v Inventoru**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na téma CAD technologie
2. Vypracujte elektronické podklady pro studium a výuku softwaru Autodesk Inventor. Tyto materiály budou obsahovat průvodce tvorbou sestav.
3. Umístěte tyto materiály ve vhodné formě na webové stránky ÚVI.
4. Proveďte závěrečné zhodnocení výhod a nevýhod programu Autodesk Inventor.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. FOŘT, P., KLETEČKA, J. Autodesk Inventor 6. Brno: Computer Press, 2004. ISBN: 80-7226-911-9
2. BANACH, D., JONES, T., KALAMEJA, A. Autodesk Inventor: Getting Started. Autodesk Inc., 2002
3. BEČKA, J. Úvod do CAD. Praha: ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01125-9
4. GREEN, R. CAD Manager: CAD Manager Survey 2004, Part 1. Cadalyst. 2004, vol. 21, no. 11, p. 52-53
5. GREEN, R. CAD Manager: CAD Manager Survey 2004, Part 2. Cadalyst. 2004, vol. 21, no. 12, p. 52-54

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. David Sámek**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**14. února 2006**

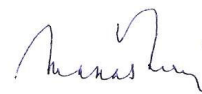
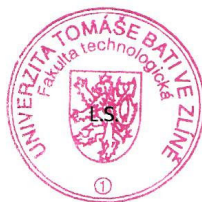
Termín odevzdání bakalářské práce:

**13. června 2006**

Ve Zlíně dne 11. ledna 2006



prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce bylo především vytvořit stručný a výstižný manuál pro tvorbu sestav v programu Autodesk Inventor 6 ve kterém budou popsány základní funkce tohoto programu. Tyto podklady by měly sloužit jako učební pomůcka studentům a měly by přispět k lepšímu pochopení dané problematiky. Cílem teoretické části je zejména zmapovat, rozdělit a stručně popsat nejpoužívanější CAD systémy.

Klíčová slova: Inventor, CAD, sestava

## **ABSTRACT**

The goal of the bachelor thesis is to create succinct manual for creation of assembly in the Autodesk Inventor 6 software and description of its basic functionality. These data are supposed to help students as a learning aid and they should contribute to better comprehension of this issue. The aim of the theoretic part is especially to map, divide and briefly describe the most often used CAD systems.

Keywords: Inventor, CAD, assembly

Na tomto místě chci poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Davidu Sámkovi, za odborné vedení, podnětné rady a trvalý zájem při vypracování této práce.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 CA TECHNOLOGIE (COMPUTER AIDED TECHNOLOGY)</b> .....	<b>10</b>
1.1 NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ ZKRATKY POUŽÍVANÉ V OBLASTI CA TECHNOLOGIÍ .....	11
<b>2 CAD (COMPUTER AIDED DESIGN)</b> .....	<b>16</b>
2.1 ROZDĚLENÍ CAD SYSTÉMŮ .....	16
2.1.1 I. generace (malý CAD).....	16
2.1.2 II. generace (střední CAD) .....	16
2.1.3 III. generace (velký CAD) .....	19
2.2 PARAMETRICKÉ MODELOVÁNÍ.....	19
2.2.1 Souřadné systémy.....	19
2.3 ADAPTIVNÍ MODELOVÁNÍ .....	20
2.4 PŘEHLED CEN NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH CAD SYSTÉMŮ NA NAŠEM TRHU .....	22
2.5 PRŮZKUM ROZŠÍŘENOSTI CAD SYSTÉMŮ .....	23
<b>3 AUTODESK INVENTOR</b> .....	<b>24</b>
3.1 HISTORIE INVENTORU.....	24
3.2 SYSTÉMOVÉ POŽADAVKY .....	25
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>26</b>
<b>4 POPIS PROSTŘEDÍ</b> .....	<b>27</b>
4.1 ÚVODNÍ OKNO .....	27
4.2 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ PRO TVORBU SESTAV .....	28
4.3 MENU BAR .....	28
4.4 STANDARD BAR .....	29
<b>5 PANEL BAR (ASSEMBLY PANEL)</b> .....	<b>32</b>
5.1 PLACE COMPONENT .....	33
5.2 CREATE COMPONENT .....	34
5.3 PATTERN COMPONENT .....	35
5.3.1 Associative Pattern Component .....	35
5.3.2 Rectangular Pattern .....	36
5.3.3 Circular Pattern .....	37
5.4 PLACE CONSTRAINT .....	38
5.4.1 Mate.....	38
5.4.2 Angle .....	40
5.4.3 Tangent.....	40
5.4.4 Insert.....	41
5.4.5 Rotation .....	42
5.4.6 Rotation–Translation.....	43

5.4.7	Transitional .....	44
5.4.8	Drive constraint .....	45
5.5	REPLACE COMPONENT .....	46
5.6	MOVE COMPONENT .....	46
5.7	ROTATE COMPONENT .....	47
5.8	SECTION VIEW .....	48
5.9	WORK PLANE .....	49
5.10	WORK AXIS .....	50
5.11	WORK POINT .....	50
5.12	EXTRUDE .....	50
5.13	HOLE .....	50
5.14	CHAMFER .....	50
<b>6</b>	<b>DALŠÍ FUNKCE .....</b>	<b>51</b>
6.1	ANALYZE INTERFERENCE .....	51
6.2	DEGREES OF FREEDOM .....	52
<b>7</b>	<b>BROWSER BAR .....</b>	<b>53</b>
7.1	MODEL .....	53
7.2	LIBRARY .....	55
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>60</b>

## ÚVOD

Teoretická část této bakalářské práce se zabývá rozdělením a popisem CAD systémů a to jak těch “velkých“ jako je například Catia a Pro/ENGINEER, tak těch “středních“ a “malých“ mezi které patří především AutoCAD LT, AutoCAD, MicroStation, Autodesk Inventor, Solid Edge, SolidWorks a další. Součástí je také cenový přehled těchto produktů na našem trhu.

V teoretické části jsou dále vysvětleny nejpoužívanější pojmy a zkratky z oblasti CA technologií (Computer Aided Technology) bez kterých si v dnešní době už ani neumíme představit efektivní navrhování nových výrobků. Tyto systémy nejenže řeší vlastní konstrukční část předvýrobní etapy výroby, ale i možnosti modifikací již hotových výrobků.

Praktická část se zabývá přímo programem Autodesk Inventor 6 kalifornské společnosti Autodesk, Inc. a poskytuje ucelený přehled nejpoužívanějších funkcí tohoto programu při tvorbě sestav. Inventor je 3D CAD systém, u něhož je oceňována zejména jeho kombinace 3D a 2D funkcí umožňující bezrizikový přechod do 3D a kompatibilita se standardním CAD formátem DWG. Důkazem jeho kvality a oblíbenosti mezi uživateli je řada ocenění jako například cena časopisu Cadalyst „Best of the Best of CAD Software“ (Nejlepší z nejlepšího CAD software) z roku 2003 a také „All Star Award“ z roku 2002 udělená organizací SVAPU (Silicon Valley AutoCAD Power Users).

Tato práce navazuje na bakalářskou práci Martina Hudcoviče, který v roce 2005 obhájil svou bakalářskou práci na téma „Elektronické podklady pro výuku programu Autodesk Inventor“, ve které se pokusil přiblížit studentům problematiku dvou základních oddílů a to 2D Sketch Panel (Panel 2D náčrtů) a Part Features (Prvky součásti).

Pro možnost názorných ukázek jednotlivých příkazů jsem vytvořil několik vzorových sestav. Tyto sestavy jsou přiloženy na CD a umístěny na webových stránkách Ústavu výrobního inženýrství.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 CA TECHNOLOGIE (COMPUTER AIDED TECHNOLOGY)

Častou otázkou začínajících uživatelů je, proč vlastně používat CA technologie pro řešení digitálního navrhování nových, případně modifikovaných výrobků. Hlavním důvodem je zjednodušení nebo úplné nahrazení rutinních operací konstruktéra. Tyto systémy řeší nejen vlastní konstrukční část předvýrobní etapy, ale také možnosti modifikací již hotových výrobků. Výhodou počítačového návrhu je jeho těsná návaznost na následné technologické činnosti. Vytvořené geometrie lze využít například pro programování obráběcích strojů. Samostatnou kapitolou je spojení vytvořených objektů do rozsáhlých sestav a také tvorba animací pohybu či rozpadu těchto sestav. Takovým programem je právě Autodesk Inventor, který umožňuje vytváření obsáhlých sestav, tvorbu animací a prezentací.

Nasazení CA aplikací v průmyslové praxi vyžaduje radikální změnu metodiky navrhování. Přejít z 2D aplikace, lze ještě považovat pouze za změnu techniky vyjadřování, ale využití 3D navrhování je ve své podstatě změnou, která sahá až na úroveň základních znalostí. Vlastní CA systém je vždy nutné považovat pouze za nástroj, který je schopen řešit pokyny svého uživatele.

Existuje celá řada teorií jak integrovat CA technologie do prostředí nových, ale mnohem častěji do již existujících vývojových kanceláří. Nejlepší ukázkou pro pochopení významu současných CA technologií v průmyslové praxi jsou bezesporu samostatné vývojové kanceláře a konstrukce v podnicích. Právě zde byla řešena řada problémů, které je nutné zvládnout pro úspěšnou integraci těchto technologií.

Krokem k úspěšnému zavedení CA systémů do praxe je propracovaná metodika jeho použití. Za metodiku považujeme především to, jak a podle jakých pravidel bude software využíván pro kreativní práci. Hlavní myšlenkou činnosti celé organizace musí být zásadní přístup k využívání výpočetní techniky pouze jako změny vyjadřovacího projevu konstruktérů a projektantů.

## 1.1 Nejpoužívanější zkratky používané v oblasti CA technologií



Obr. 1. Používané zkratky [1]

### CAM (Computer Aided Manufacturing) – Přímé řízení výroby počítačem

Vstupem pro řízení výroby počítačem je obvykle 3D model vytvořený v CAD programu. V CAM programu je vypočítána cesta nástroje (Toolpath). Data jsou předána postprocesoru, který je převede do NC (Numeral Control) kódu.

Historie CAM sahá až do roku 1961, kdy firma Boeing zavedla do výroby první číslicově řízený stroj (NC). Děrné pásky nebo štítky pro archivaci dat se používaly téměř bez výjimky. Občas se v útrokách řídicí jednotky stroje ukrývala feritová paměť. Zavedení počítačem řízených obráběcích strojů (CNC) do výroby znamenalo zvýšení jejich flexibility a zkrácení doby využití na seřízení stroje. Přínosem takového stroje je minimální zmetkovitost při podstatně vyšší produktivitě práce. Hlavní uplatnění takovýchto strojů nalezneme v malosériové až kusové výrobě. Ve velkosériové výrobě se z ekonomických důvodů stále používají a pravděpodobně budou používat vačkové automaty (např. výroba šroubů).

Zajímavé je, že se program až do poměrně nedávné doby nahrával do stroje děrnou páskou. Důvodem proč se nepoužívaly diskety nebo harddisky byla špatná spolehlivost těchto mé-

dií ve výrobních podmínkách. Dnes jsou stroje stále více závislé na podnikové síti z čehož vyplývá, že se data fyzicky vyskytují odděleně od stroje.

Mezi CAM programy patří například EdgeCAM, SurfCAM, GibbsCAM, SolidCAM (plně integrovaný do systému SolidWorks) a mnoho jiných. Další programy jako například Pro/ENGINEER a CATIA V5 mají pouze speciální moduly pro CAM. Podrobněji se zmíním jen o dvou z těchto programů a to o EdgeCAMu a CATII V5.

EdgeCAM je systém, který je postaven na platformě Windows a je určen pro uživatele z oblastí velmi intenzivní výroby. Systém tvoří velmi cenné nástroje, které zvyšují produktivitu práce a optimalizují využití nástrojů. EdgeCAM je schopen akceptovat původní CAD soubory od všech hlavních CAD systémů, včetně SolidWorks, Solid Edge, Autodesk Inventor, Autodesk Mechanical Desktop, CATIA, AutoCAD a Pro/ENGINEER.

V CATII má uživatel úplnou škálu aplikací, pokrývající nejpoužívanější NC technologie. Obráběné modely mohou být plošné nebo objemové součásti, které mohou být soustruženy, nebo frézovány s kontinuálním řízením dvou až pěti os. NC aplikace poskytují komplexní řešení, tj. pokrývají všechny oblasti které se obvykle při přípravě NC výroby vyskytují. Jedná se zejména o import geometrie a její analýzu, editaci geometrie, generování NC programů, vizualizaci pracovních drah, simulaci procesu, zpracování výrobní dokumentace, postprocesory atd.

### **CAE (Computer Aided Engineering) – Počítačová podpora inženýrských prací**

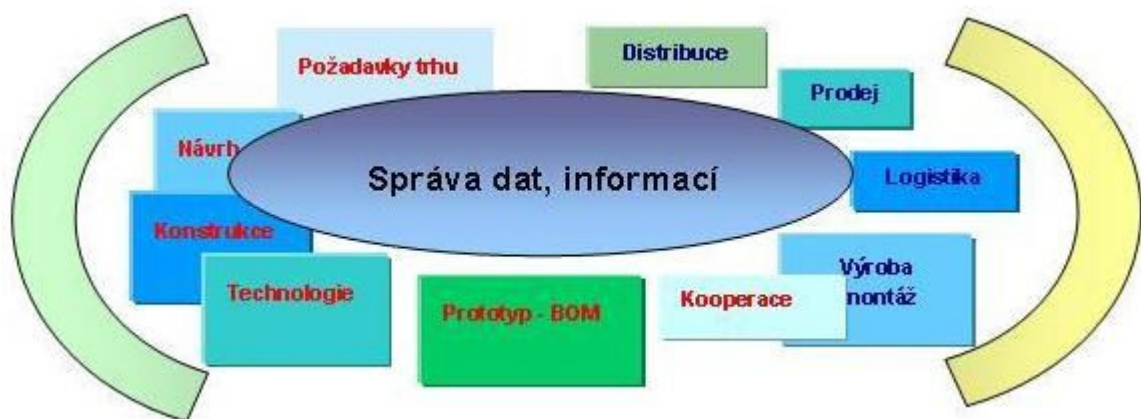
Jedná se o nástroj pro vývoj produktů. Tyto nástroje pokrývají oblasti pevnostních analýz (zejména prostředky Finite Element Analysis), kinematiku, simulace jako virtuální větrné tunely, crash testy v automobilovém průmyslu a další. Do této oblasti patří i nástroje pro návrh skladování a dopravy vyrobeného zboží.

FEA (Finite Element Analysis): Jde o aplikace založené na FEM (Finite Element Method), neboli MKP (Metoda Konečných Prvků), kdy jde o přibližné řešení parciálních diferenciálních rovnic a to tak, že jsou buď zcela eliminovány, nebo převedeny na běžné diferenciální rovnice. Použití FEM pro analýzu fyzikálních systémů je pak označováno jako FEA. Byly také vyvinuty metody pro integrální rovnice, například pro prostup tepla. Metody a nástroje FEM/FEA jsou základním nástrojem pro vytváření virtuálních prototypů.

### CAQ (Computer Aided Quality) – Počítačem podporovaná kontrola kvality

Počítačová podpora jakosti musí být navržena jako integrovaný systém určený pro podporu managementu jakosti. Jedná se tedy o informačně-řídící systém, který je nutno rozdělit do jednotlivých oblastí, programů a modulů, jež pokrývají celou šíři požadavků mezinárodních norem pro management jakosti.

### PDM (Product Data Management) – Správa dat o produktu



Obr. 2. Struktura podniku

PDM, popřípadě EDM (Electronic Document Management) či PLM (Product Lifecycle Management) systémy řeší správu, vyhledávání, ochranu a verzování elektronických dokumentů a dat spojených s výrobky. V oblasti CAD se požadavky na tyto systémy rozšiřují o možnosti integrace s 2D a 3D CAD aplikacemi, vazbu dokumentů (výpočty, technické zprávy) a náhledy CAD dat.

PDM systémy byly v první fázi vývoje (konec 80. a začátek 90. let 20. století) orientovány především na podporu předvýrobních etap vývoje nových výrobků. Druhou polovinu devadesátých let lze následně charakterizovat jako období implementace jednotlivých IT systémů charakterizovaných jako informační ostrůvky automatizace. Většina firem úspěšně nasadila různé informační systémy zaměřené zvláště na řízení a plánování výroby. Konec 20. století přináší do problematiky PDM systémů rozšiřitelnost (modulárnost) těchto systémů. Jedná se nejen o správu konstrukčních dat, ale o pokrytí komplexních technických dat v průběhu celého životního cyklu výrobku.

Každý systém správy dat by měl z hlediska správy dat jako tzv. jádra systému splňovat základní požadavky:

- Centrální ukládání dat do archivu
- Klasifikovat dokumenty – spočívá v klasifikaci dat podle typu ukládaných dokumentů do daného systému
- Vytvářet dotazy na data – systém musí dovolit vytvářet na základě atributů dotazy na data obsažená v PDM systému
- Strukturovat produkty – pomocí struktury BOMs umožnit definovat kusovníkovou strukturu produktu
- Možnosti schvalovacího, změnového řízení v průběhu vývojového a výrobního procesu výrobku
- Zabezpečený přístup uživatelů a procesů
- Zajištění efektivního zahájení a řízení výroby s návazností na ostatní podniková IS

Zástupcem těchto systémů je například Autodesk Vault, Autodesk Productstream, EasyArchiv od společnosti Technodat, Windchill PDMLink společnosti PTC a mnoho dalších.

Například EasyArchiv v současné době využívá jako startovací nebo konečné řešení správy dokumentace již celá řada zákazníků z nejrůznějších oblastí mezi něž patří například ŠKODA ENERGO s.r.o. (Komplexní PLM řešení), Severomoravská energetika a.s. (Správa dokumentů pro údržbu) a další.

Dalším systémem je již zmíněný Autodesk Vault, který je dodáván zdarma s programy Autodesk Inventor a AutoCAD Mechanical. Vault nabízí jednoduché ovládání, bezpečnou správu a snadné vytváření nadstavbových aplikací či uživatelských přizpůsobení. Podporuje různé typy dokumentů jako např. DWG, IPT, IAM, DOC, XLS a PDF. Na stejné technologii je postavena i vyšší verze Autodesk Productstream určená pro podnikové nasazení.

**CAD (Computer Aided Design) – Počítačová podpora konstruování**

Jedná se o počítačem podporované konstruování (navrhování), používá programy a počítače pro návrh objektů pro strojírenství, architekturu nebo speciální vědecké aplikace. Jednotlivé programy vytvářejí objekty ve dvojrozměrném nebo trojrozměrném prostoru. Výstupem programů může být například kompletní technická dokumentace nebo kvalitní pohledy na modelovaný objekt. Některé programy podporují i spolupráci s databázemi, vytvářejí seznamy materiálů a nabízejí další speciální funkce. Protože jsou programy CAD založeny na náročných matematice, vyžadují také odpovídající výpočetní výkon, který jim dokáží poskytnout jen ty nejvýkonnější grafické stanice.

Další informace o CAD systémech jsou uvedeny v následující samostatné kapitole věnované této problematice.

## 2 CAD (COMPUTER AIDED DESIGN)

Na počátku bylo rýsovací prkno, pak se začalo kreslit na počítači ve 2D – vektorově a pak konečně na svět přišly parametrické 3D CADy. Nižší CADy (levnější nebo zcela zdarma) stále pracují ve 2D. Zde má zkratka CAD význam spíše Computer Aided Drafting – kreslení na počítači. Kreslíme přímo výkresovou dokumentaci a nepracujeme na 3D modelu. V Inventoru, Catii a ostatních větších CADEch nejdříve vytvoříme 3D model součásti, případně sestavu celého výrobku. Další výhodou je, že na stejném projektu může pracovat několik lidí současně. Někdo tvoří technickou dokumentaci, někdo jiný technologii – NC programy. Výkresová dokumentace se tvoří celkem jednoduše. Model necháme promítnout na papír. Nemusíme se starat o to, jak bude vypadat, zda zrovna v tomto pohledu bude tahle čára vidět nebo ne, jak bude vypadat řez této velmi složité součásti, atd. Po promítnutí součásti stačí vyvolat kóty, drsnosti a geometrické tolerance a upravit je.

### 2.1 Rozdělení CAD systémů

Dělení systémů může být různé, ale většinou se dělí do třech hlavních skupin, které jsou podrobněji popsány v následujícím přehledu.

#### 2.1.1 I. generace (malý CAD)

Programy, které nejdou za hranice dvou rozměrů. Jedná se často o jednoduché programy pro tvorbu náčrtů a ne o programy určené pro konstruktérskou práci. I v této kategorii ovšem najdeme několik výjimek s opravdu výkonnou podporou 2D konstrukčních prací. Za vrchol můžeme považovat AutoCAD LT, který je v podstatě menší odnoží AutoCADu bez otevřené architektury [2].

#### 2.1.2 II. generace (střední CAD)

Jsou to doposud nejpoužívanější systémy na počítačích PC. Do této skupiny CADů patří především AutoCAD, MicroStation, Autodesk Inventor, SolidWorks a Solid Edge. Vyznačují se jistým prostorovým modelářem a určitou otevřenou architekturou (možností programování aplikací a spolupráce s jinými programy). Oblast středních CAD systémů se intenzivně vyvíjí a díky nástupu výkonných osobních počítačů mají vysoké nasazení v řadě podniků.



## **Silné a slabé stránky třech dnes nejoblíbenějších středních CAD systémů: SolidWorks, Solid Edge a Inventoru [4]**

Všechny tři zmíněné programy mají nástroje pro modelování sestav, tvorbu výkresové dokumentace, tvorbu plechových dílů, tvorbu svařenců a také PDM. Všechny jsou dostatečně rychlé pro tvrdou výrobní práci a všechny mohou zacházet s velkými sestavami, které obsahují tisíce jedinečných součástí. Na místo opakování těchto faktů třikrát dokola se zaměřím na to, kde každý produkt vyniká a kde naopak zaostává za ostatními.

### **SolidWorks 2005 Office Professional**

SolidWorks od společnosti Dassault Systemes nabízí široké spektrum nástrojů včetně integrovaného navrhování forem, CAE a dalších výkonných nástrojů. Tyto nástroje slouží zejména pro obrábění (CAM), tvorbu modelu a navrhování forem. Pokud je třeba nějaký softwareový doplněk, má SolidWorks více než 140 partnerů, kteří zajistí nejtěsnější úroveň integrace tohoto doplňku do SolidWorks. Jelikož program vstupuje do svého desátého roku vývoje, jsou jeho nástroje výjimečné a má jen velmi málo nedostatků. Příkladem by mohla být neschopnost při tvorbě určitých zaoblení, ale dohromady jsou jeho charakteristické vlastnosti působivé.

SolidWorks se oprávněně považuje za zlepšovatele na 3D MCAD trhu. Obsahuje například eDrawings pro designovou komunikaci, COSMOSWorks Xpress pro integrovanou CAE analýzu a centrální obsah standardních předkonfigurovaných dílů pro stahování od dodavatele.

Má rozsáhlou uživatelskou základnu a to více než 325 000 (kolem 130 000 instalací komerčních). O oblíbenosti tohoto programu svědčí i každoroční pořádání světové konference SolidWorks a také existence tzv. žlutých stránek uživatelů SolidWorks.

Velkým problémem pro uživatele však může být to, že vrcholný produkt CATIA od Dassault Systemes neimportuje soubory SolidWorks a také to že oba tyto produkty cílí na odlišné skupiny uživatelů.

### **Solid Edge V15**

Solid Edge V15 od UGS PLM Solutions je na trhu přibližně stejnou dobu jako SolidWorks. Vývojáři Solid Edge si mohou připisovat zásluhy za mnoho inovací jako například Zero-D (virtuální součásti) pro zjednodušující návrhy sestav a Rapid Blue pro snadné vytvoření povrchu a jeho úpravu.

Tento program má více než 50 000 komerčních uživatelů a také mnoho vzdělávacích instalací. Produkt se prodává nejlépe v Evropě, kde je nainstalováno přibližně 50% licencí Solid Edge. Solid Edge zůstává pozadu za Inventorem a zvláště za SolidWorks jen v integraci jeho CAE nástrojů.

### **Autodesk Inventor 9**

Inventor přišel na trh MCADů později a proto postrádá propracovanost některých nástrojů. Jeho největším pozitivem je společnost která za ním stojí. Další silnou stránkou Inventoru je to co bylo před ním a to AutoCAD. Autodesk byl schopen využít jeho instalací jako odrazového můstku pro přesvědčení zákazníků, že oni také potřebují pracovat ve 3D. Nyní má Inventor cca 300 000 instalací (kolem 140 000 komerčních). V lednu 2002 představil Autodesk Inventor Series. Ten kromě Inventoru obsahuje navíc AutoCAD Mechanical a Mechanical Desktop a byl automaticky poslán všem zákazníkům jako podpora pro pozdější užití.

Kromě některých chybějících voleb u běžných modelovacích nástrojů Autodesk také nedodal do Inventoru software pro tvorbu forem, který slíbil již před několika lety.

Závěrem lze konstatovat, že tomuto triu produktů chybí vzájemná kompatibilita. Postrádají integrované inženýrské a výrobní nástroje a ačkoliv jiní obchodníci tuto oblast vyplní, žádný z nich nenabízí vlastní technické řešení. Zkrátka, všichni tři jsou schopnými modeláři, ač Inventoru ještě chybí jistá robustnost v určitých oblastech. Neznamená to ovšem, že nemůže výborně sloužit většině uživatelů.

### 2.1.3 III. generace (velký CAD)

Jedná se o výkonné systémy pracující vesměs na platformě operačního systému Unix a Windows 2000 nebo XP za pomoci výkonného hardware, pracovních stanic typu Hewlett-Packard, Silicon Graphic, SUN, IBM, NEC atd. U těchto systémů je ovšem jejich výkonnost vyvážena také vysokou cenou, která ještě asi dlouho zůstane vzdálena běžným uživatelům [1]. Mezi tyto programy patří zejména CATIA firmy Dassault Systemes, Pro/ENGINEER firmy Parametric Technology Corp., I-DEAS firmy Structural Dynamics Research Corp., Unigraphics firmy Unigraphics Solutions a další.

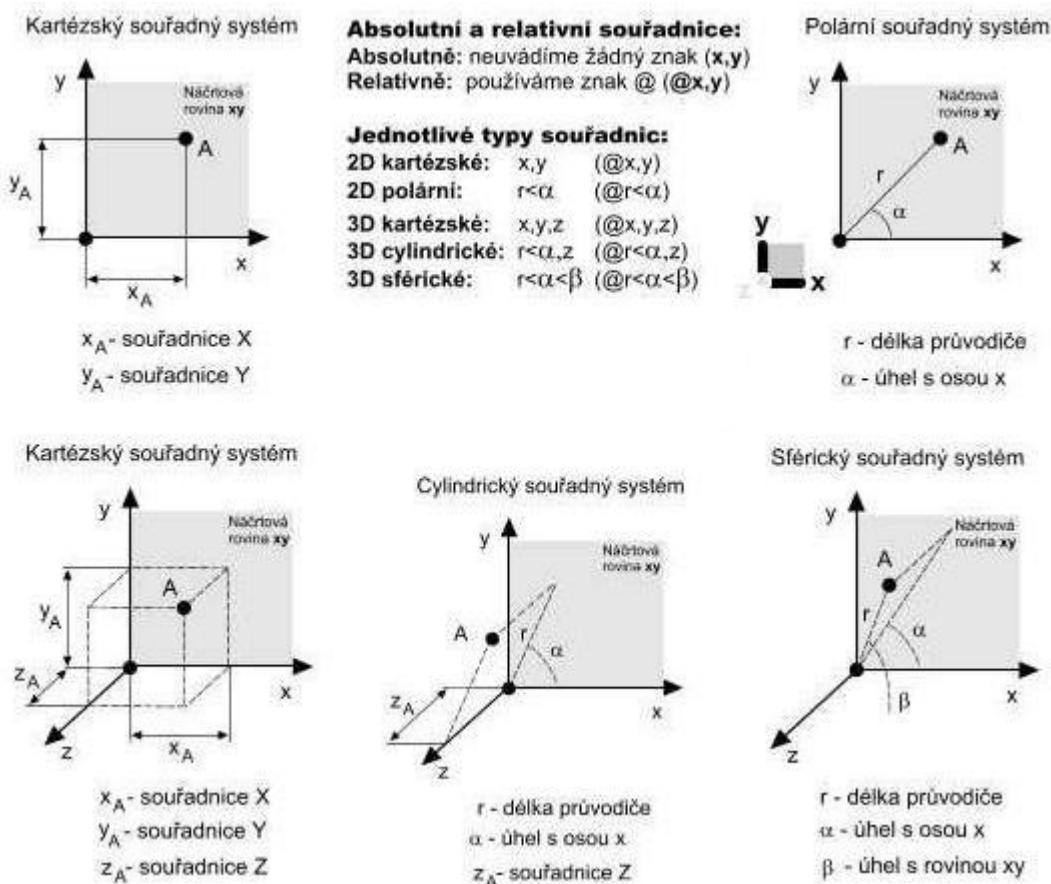
## 2.2 Parametrické modelování

Parametrické modelování představuje tvorbu objektů, při které je většina informací zadávána jako parametry, které mohou být později změněny a tím změněn i tvar objektu. Způsob parametrizace však není nijak pevně stanoven, a liší se svou implementací v různých systémech. Velký význam parametrického modelování je především v oblasti konstruování CAD, kde je parametrizace velmi užitečná, především ve spojení s vlastnostmi řízenými modelováním (feature based modelling). Poskytuje totiž vysokou efektivitu práce, možnost automatického generování výkresů a přesné výpočty. Naopak oblast 3D animace a vizualizace není přesností tak příliš postižena, neboť zde jde především o vytvoření požadovaného tvaru či efektu. Výsledkem je totiž statický nebo animovaný snímek, na kterém se nepozná chybějící desetina milimetru. Parametrizace je zde tedy jenom pomůcka, která usnadňuje pozdější změny.

### 2.2.1 Souřadné systémy

Souřadné systémy slouží pro přesnou orientaci a definici souřadnic koncových bodů vektorových objektů. Přes možnost definovat polohu objektů ve všech třech osách současně se daleko častěji používá při prostorovém modelování definice bodů v rovině (dvou osách). Rozměry objektů jsou v prostoru zkresleny, a není je snadné přesně definovat bez dobré prostorové představivosti. Většina parametrických modelářů obsahuje velké množství pomůcek pro úpravu polohy souřadných systémů definujících náčrtové, pracovní a pomocné

souřadné roviny. Konstrukce prostorových parametrických modelů a jejich úpravy se velmi často neprovádí obecně v prostoru, ale pouze v rovině s upravenou polohou souřadného systému. Na následujícím obrázku (Obr. 3. Souřadné systémy) jsou znázorněny 2D a 3D souřadné systémy, jejichž znalost je základem správné orientace ve virtuálním prostoru.



Obr. 3. Souřadné systémy

### 2.3 Adaptivní modelování

Jedním z programů, který podporuje adaptivní modelování je Autodesk Inventor. Můžeme s ním kreslit inteligentní adaptivní 2D náčrty, které se stávají základem pro pozdější vytvoření 3D objemových modelů. Díky unikátnosti adaptivních náčrtů, které se vzájemně jeden druhému přizpůsobují, lze výrazně zredukovat náklady na dokončení návrhu a zkrátit vývojový cyklus výrobku dříve, než začnete řešit tvarové podrobnosti jednotlivých 3D těles. Finální výrobek se v Inventoru sestaví tak, že se určí, kde se mají jednotlivé součásti dotýkat a jejich tvary a poloha se automaticky přizpůsobí. Adaptivní sestavy se dají vytvářet a

modifikovat mnohem snadněji než ryze parametrické modely. V nich se musí vytvářet a udržovat řada nepřehledných parametrických rovnic a vztahů, aby je bylo možné naplno využít. V Inventoru lze vytvořit mnoho 3D adaptivních sestav, aniž by bylo potřeba specifikovat jedinou parametrickou rovnici nebo vazbu. Takže je možné 3D modely a sestavy vytvořit velice rychle a stejně rychle lze kdykoliv změnit i jejich vnitřní závislosti. U ryze parametrických systémů je v řadě případů rychlejší součást znovu namodelovat, než ji s odstupem času upravovat. Ale adaptivní sestavy je možné modifikovat v kterémkoliv okamžiku práce, v libovolném pořadí a bez ohledu na to, jaké vztahy byly mezi součástmi definovány původně.



Obr. 4. Výhody znalosti adaptivního modelování

## 2.4 Přehled cen nejpoužívanějších CAD systémů na našem trhu

Převážnou většinu informací o cenách bylo možno zjistit přímo z internetových stránek různých dealerů a firem zabývajících se prodejem CAD systémů. Byly to především produkty firmy Autodesk, jejichž ceny jsou uvedeny například na stránkách firmy AAC Solutions (Xanadu). Ceny jiných produktů jako třeba Solid Edge, Pro/ENGINEER a SolidWorks mi byly ochotně sděleny na požádání a to včetně příslušných měsíčních poplatků. Pouze v jednom případě nebylo možné zjistit cenu základní verze programu a to konkrétně u CATIE V5. Firma Technodat odmítla sdělit tuto informaci s odůvodněním, že k tomuto produktu existuje velká spousta přídatných modulů a firemní ceník je dostupný pouze pro vážné zájemce o tento program.

Všechny následující ceny jsou uvedeny včetně DPH a odchylky cen některých CADů mohou být způsobeny změnou kurzu koruny vůči dolaru a euru.

- AutoCAD LT 2006 stojí 37 842 Kč
- AutoCAD 2006 stojí 53 000 Kč s ročním poplatkem 13 328 Kč
- Autodesk Inventor 10 Series stojí 166 000 Kč s ročním poplatkem 35 500 Kč
- Autodesk Inventor 10 Profesional stojí 243 000 Kč s ročním poplatkem 50 400 Kč
- Pro/ENGINEER stojí 189 400 Kč
- CATIA V5 stojí cca 450 000 Kč, ale přesnou cenu bohužel nelze zjistit
- SolidWorks stojí 130 800 Kč
- Solid Edge stojí 148 200 Kč

## 2.5 Průzkum rozšířenosti CAD systémů

Následující průzkum provedl v roce 2004 Robert Green z The Georgia Institute of Technology a byl publikován v časopise Cadalyst [3].

Jako ve všech minulých průzkumech, tak i v tomto průzkumu se stal nejvíce používaným CAD programem AutoCAD (57%). Architectural a Land Desktop se s 15% a 9% drží mezi prvními třemi. Následující obrázek (Obr. 5. Průzkum rozšířenosti CAD systém) ukazuje procentuelní podíl dalších CADů. Jedinou změnou oproti předchozím průzkumům je rostoucí počet uživatelů MicroStation, který vzrostl téměř ke 4%.

CAD Program	Odpovědí	Procenta
AutoCAD	379	54,3%
Architectural Desktop	104	14,9%
Land Desktop	63	9,0%
MicroStation	26	3,7%
SolidWorks	25	3,6%
Inventor	23	3,3%
AutoCAD LT	20	2,9%
Mechanical Desktop	11	1,6%
Pro/ENGINEER	9	1,3%
Unigraphics	6	0,9%
40 dalších programů získalo méně než pět hlasů od dotazovaných respondentů. Jsou to například Alibre, ArchiCAD, AutoCAD Map, AutoPLANT, CADENCE, CADKEY, CADRA, CATIA, DataCAD, I-deas a REVIT.		

Obr. 5. Průzkum rozšířenosti CAD systémů [3]

Podíl Autodesku v oblasti primárních CADů je tedy podle letošních údajů 86%. Je to především díky uživatelům, kteří přecházející od AutoCADu k 3D systémům a většinou si musí vybírat mezi systémy založenými na DWG formátu. Jedinou výjimkou je oblast MCADů, kde produkty jako Inventor, Pro/ENGINEER a SolidWorks používají nonDWG formáty, ale dokáží číst a zapisovat DWG data.

### 3 AUTODESK INVENTOR

Svým způsobem je Inventor následníkem Mechanical Desktopu, ale je orientován na uživatele pracující s velkými počty součástí a sestav (desítky tisíc dílů), kteří doposud nemohli přejít na 3D technologii z důvodu nedostatečného výkonu dosavadních 3D systémů. Mechanical desktop bude existovat tak dlouho, dokud bude existovat AutoCAD, ale Inventor rozšiřuje stávající portfolio strojírenských aplikací Autodesku o novou, vyšší dimenzi. Jedná se v podstatě o 3D parametrický modelář používající technologii adaptivního modelování.

Inventor ukládá každou součást do samostatného souboru, což umožňuje editovat součást bez nutnosti načítání všech ostatních souborů. Na druhou stranu je třeba dbát zvýšené pozornosti při manipulaci se soubory. Přesunutí souboru znamená ztrátu dat ve smyslu ztráty propojení. To platí hlavně pro sestavy. Soubor sestavy obsahuje informace o umístění souborů součástí na disku nebo jiném médiu.

#### 3.1 Historie Inventoru

Počátky tohoto produktu kalifornské firmy Autodesk se datují od podzimu roku 1999, kdy byla představena první verze Inventor R1. Tato verze byla bohužel dostupná jen pro americké zákazníky a do Evropy se dostala pouze vybraným firmám na testování. Nová verze na sebe ovšem nenechala dlouho čekat a již začátkem května roku 2000 byla představena uživatelům a to i v České republice. Tato druhá verze přináší více jak dvě stě zlepšení a navíc jsou k dispozici tři záplaty, které opravují a zlepšují mnohé funkce. V červenci 2001 přichází třetí verze, ve které je na první pohled jen několik málo změn, ale většina z nich je skryta uvnitř, tam, kde to uživatel na první pohled nepozná. Mezi novinky zde patří například záložka „pohyb“ v ovládacím panelu vazeb. Novinkou jsou také řezy sestavou, možnost nastavení rotačního a rotačně-přímkového pohybu a mnoho dalších užitečných funkcí. Následující dvě verze přinášejí další řadu změn a vylepšení. Až v říjnu 2002 společnost vypouští do světa Inventor R6, který je instalován na počítačích naší univerzity, a o kterém bude pojednávat praktická část mé bakalářské práce. Inventor R6 je součástí produktu Autodesk Inventor Series. V něm jsou kromě Inventoru 6 obsaženy také další programy jako Mechanical Desktop, AutoCAD Mechanical a AutoCAD. Je to podstatně inovovaná verze,



kteřá obsahuje přes 200 nových a vylepšených funkcí pro snazší a rychlejší tvorbu navrhovaných dat. Mimo jiné obsahuje rychlejší modelovací jádro Autodesk ShapeManager umožňující kombinovat objemy i plochy při tvorbě složitých těles. A dále nabízí spoustu užitečných funkcí pro tvorbu výkresové dokumentace. Od té doby uplynuly téměř čtyři roky, během kterých se představily další verze a od dubna 2005 je k dostání zatím poslední vydání Autodesk Inventor Series 10.

### 3.2 Systémové požadavky

Při nástupu CA technologií byly aplikace vytvářeny zejména pro operační systémy UNIX. Vzhledem k velikosti potřebného výkonu byly tyto aplikace pro většinu uživatelů nedostupné. Vše se změnilo poté, co firma Microsoft umožnila svým klientům využívat tyto náročné aplikace v novém operačním systému Windows NT. Pokrok ve vývoji hardwaru a snižování cen dnes umožňuje uživatelům používat techniku dostupnou za zlomek původních systémů potřebných pro CA technologie.

Pro navrhování součástí a sestav do 1 000 dílů v programu Autodesk Inventor R6 je doporučována následující konfigurace [5]:

- Procesor Intel® Pentium® III, Pentium 4, Xeon®, nebo AMD Athlon™ o frekvenci 1 GHz nebo vyšší
- Operační systém Microsoft® Windows® XP (Professional nebo Home Edition s aktualizací SP1) nebo Windows 2000 Professional (s aktualizací SP2 nebo vyšší)
- Operační paměť nejméně 512 MB
- 2 GB volného místa na disku pro produktové a obsahové knihovny
- grafická karta s kapacitou 64 MB kompatibilní s rozhraním OpenGL®

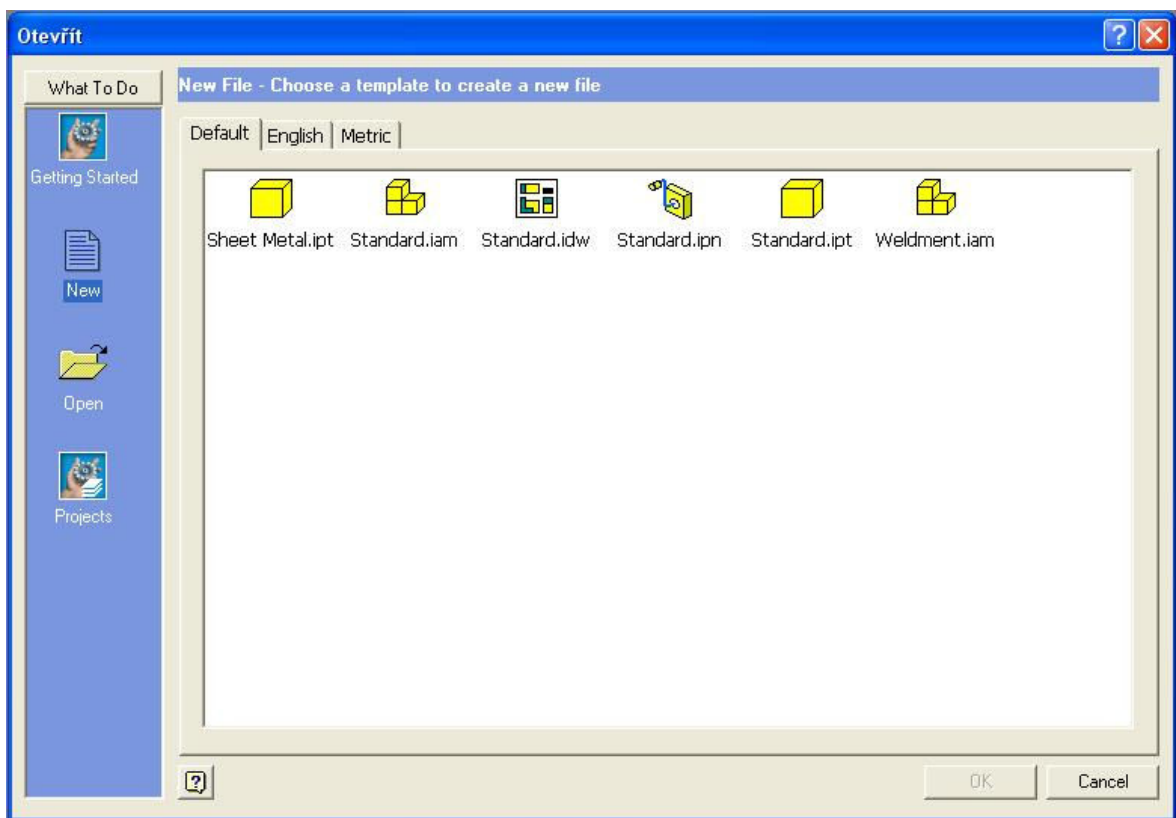
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 POPIS PROSTŘEDÍ

### 4.1 Úvodní okno

Při každém spuštění Inventoru nám toto okno, které je zobrazeno na následujícím obrázku (Obr. 6. Úvodní okno), nabízí řadu možností. Automaticky bývá zvolena možnost New a v ní záložka Default (jednotky a normy jsou definovány při instalaci). Pod touto záložkou se skrývá šest ikon, z nichž každá poskytuje využití jiných možností Inventoru.

- |                   |                                       |
|-------------------|---------------------------------------|
| ▪ Sheet Metal.ipt | Možnost pro tvorbu plechových dílů    |
| ▪ Standard.iam    | Možnost pro tvorbu sestav             |
| ▪ Standard.idw    | Možnost pro tvorbu výkresů            |
| ▪ Standard.ipn    | Možnost pro tvorbu prezentací         |
| ▪ Standard.ipt    | Možnost pro tvorbu dílů               |
| ▪ Weldment.iam    | Možnost pro tvorbu svařovaných sestav |

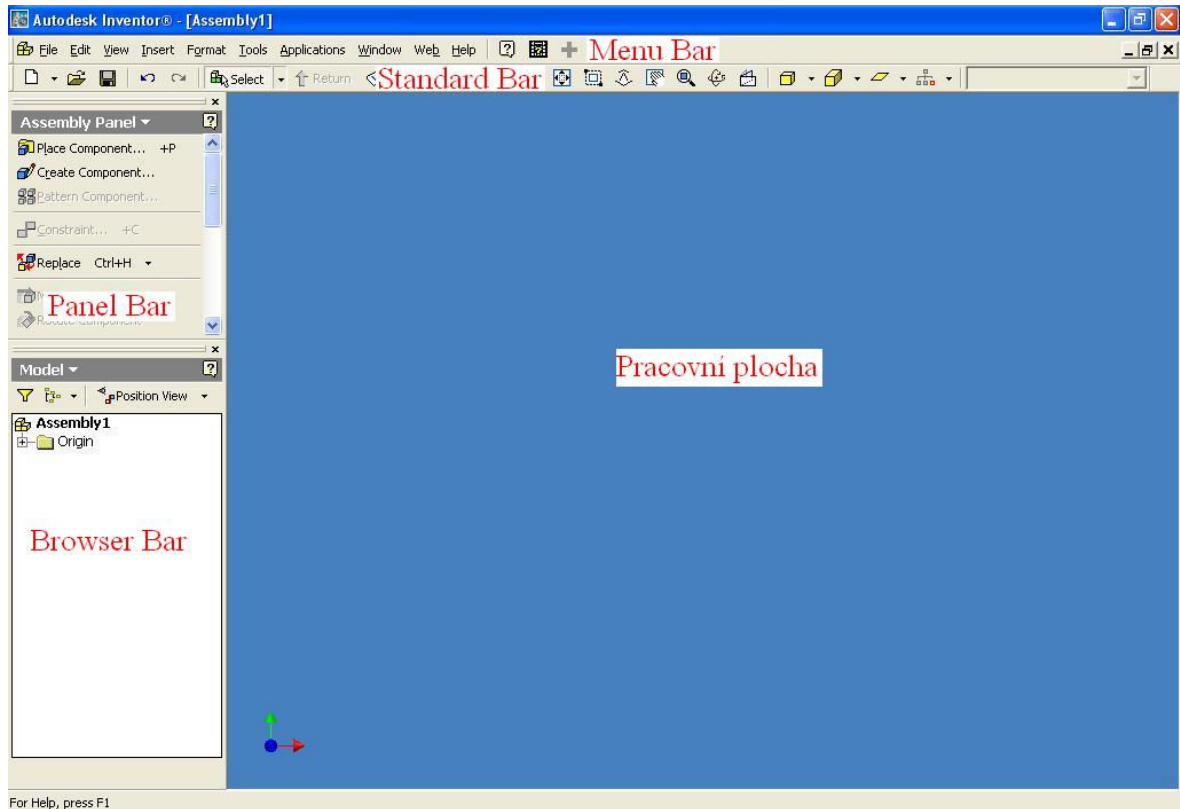


Obr. 6. Úvodní okno

Pro tvorbu sestav tedy zvolíme možnost druhou (Standard.iam) a potvrdíme tlačítkem OK.

## 4.2 Pracovní prostředí pro tvorbu sestav

Pracovní prostředí je tvořeno pracovní plochou a čtyřmi základními panely, které nabízejí všechny potřebné funkce pro tvorbu sestav.



Obr. 7. Pracovní prostředí



## 4.3 Menu Bar

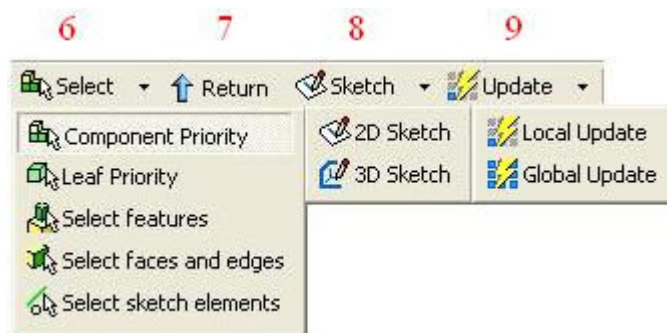
Je to klasický panel, ve kterém jsou pod jednotlivými záložkami skryty všechny příkazy týkající se práce se soubory a jejich editováním, volby pohledu, přepínání mezi okny a nalezneme zde i většinu příkazů pro samotnou tvorbu sestav, které jsou ovšem snáze přístupné z jiných panelů jako například z panelu nástrojů (Panel Bar - Assembly panel). Dále je zde možné měnit nastavení týkající se vzhledu pracovního prostředí (barva pracovní plochy, nasvícení sestavy, aj.).

#### 4.4 Standard Bar



Obr. 8. Práce se soubory

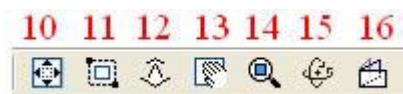
1. **New (Ctrl + N)** – Možnost pro otevření nové šablony.
2. **Open (Ctrl + O)** – Možnost pro otevření existujícího souboru.
3. **Save (Ctrl + S)** – Možnost pro uložení souboru.
4. **Undo**  (Ctrl + Z) – Návrat o krok zpět.
5. **Redo**  (Ctrl + Y) – Posun o krok vpřed.



Obr. 9. Možnosti výběru a přechodu do skicáře

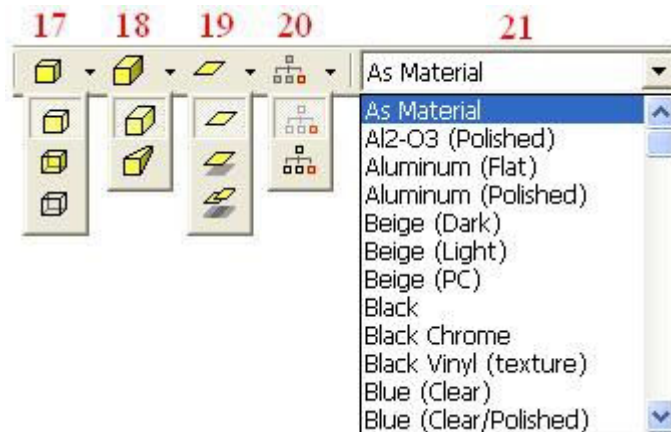
6. **Select (Shift + pravé tlačítko myši)** – Nabízí pět možností pro výběr .
  - **Component Priority** – Po najetí na sestavu se budou pro výběr jako první nabízet jednotlivé komponenty a celé podsestavy.
  - **Leaf Priority** – Je možné vybírat pouze jednotlivé komponenty. Pokud je do sestavy vložena podsestava, pak ji nebude možné vybrat jako celek.

- **Select features** – Nabízí možnost výběru všech konstrukčních prvků, z nichž je díl vytvořen.
  - **Select faces and edges** – Nabízí možnost výběru ploch a hran.
  - **Select sketch elements** – Nabízí možnost výběru prvků náčrtu.
- 7. Return** – Umožňuje návrat ze Skicáře zpět do sestavy, nebo z prostředí pro modifikaci dílu zpět do sestavy.
- 8. Sketch** – Zde je na výběr buď **2D Sketch (+S)** nebo **3D Sketch**. 3D náčrt se svou konstrukcí odlišuje především v tom, že vlastní geometrie náčrtu (úsečky, oblouky, spline) jsou vytvářeny současně ve všech třech osách [1].
- 9. Update** – Nutno použít po provedení změny v sestavě nebo na dílu (např. po změně náčrtu, po posunutí nebo rotaci komponentu, atd.).



*Obr. 10. Nástroje pro manipulaci a volbu pohledu*

- 10. Zoom All** – Přizpůsobí obraz velikosti pracovní plochy.
- 11. Zoom Window** – Zobrazí vybraný detail.
- 12. Zoom** – Pohybem myši lze přiblížit nebo oddálit obraz.
- 13. Pan** – Pohybem myši lze pohybovat s obrazem.
- 14. Zoom Selected** – Přiblíží vybranou plochu nebo hranu.
- 15. Rotate** – Umožní volnou rotaci ve třech osách.
- 16. Look At** – Po kliknutí na plochu se tato nastaví do kolmého pohledu.



Obr. 11. Možnosti zobrazení

**17. Shaded Display** – Zobrazení sestavy v „zastíněném“ pohledu.

**Hidden Edge Display** – Zobrazení neviditelných hran.

**Wireframe Display** – Zobrazení drátového modelu.


**18. Orthographic Camera** – Vzdálenost nezpůsobuje zkreslení tvaru.


**Perspective Camera** – Dochází ke zkreslení tvaru vlivem vzdálenosti.

**19. No Ground Shadow** – Na pracovní ploše se nezobrazuje stín sestavy.

**Ground Shadow** – Na pracovní ploše se zobrazuje stín sestavy.

**X-Ray Ground Shadow** – Stejně jako Ground Shadow, ale navíc se zobrazují i detaily jednotlivých součástí.

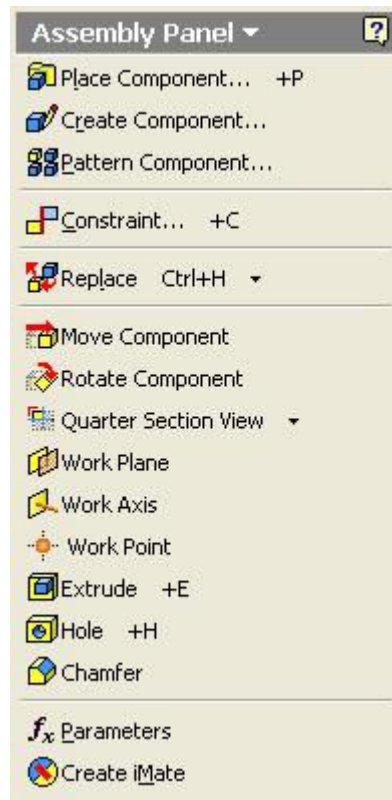
**20. Component Opacity**  – Při editování jednoho komponentu sestavy jsou všechny ostatní komponenty průsvitné.

**Component Opacity**  – Při editování jednoho komponentu sestavy mají všechny ostatní komponenty svou původně nastavenou barvu.

**21. Color** – Umožňuje nastavení barvy (textury) u aktivního komponentu. Výhodnější je nastavovat barvu již při vlastní tvorbě komponentu.

## 5 PANEL BAR (ASSEMBLY PANEL)


Panel sestav nabízí všechny potřebné příkazy pro snadné vytvoření požadované sestavy. Některé z těchto příkazů jsou přístupné i z menu vyvolaného kliknutím pravého tlačítka na pracovní ploše, což může uživateli ještě více urychlit práci.

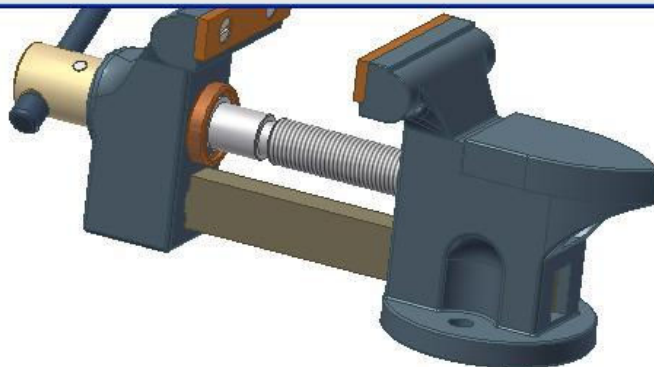
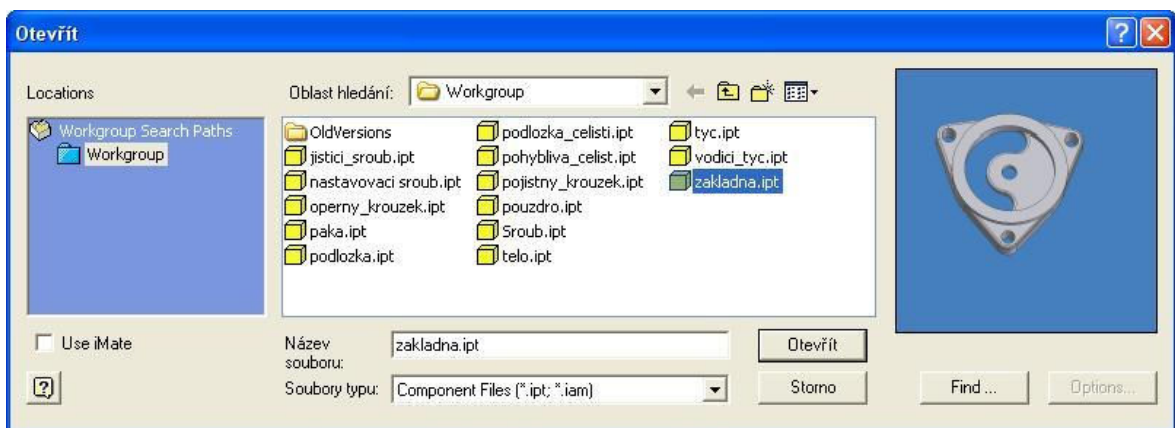


Obr. 12. Assembly Panel



## 5.1 Place Component

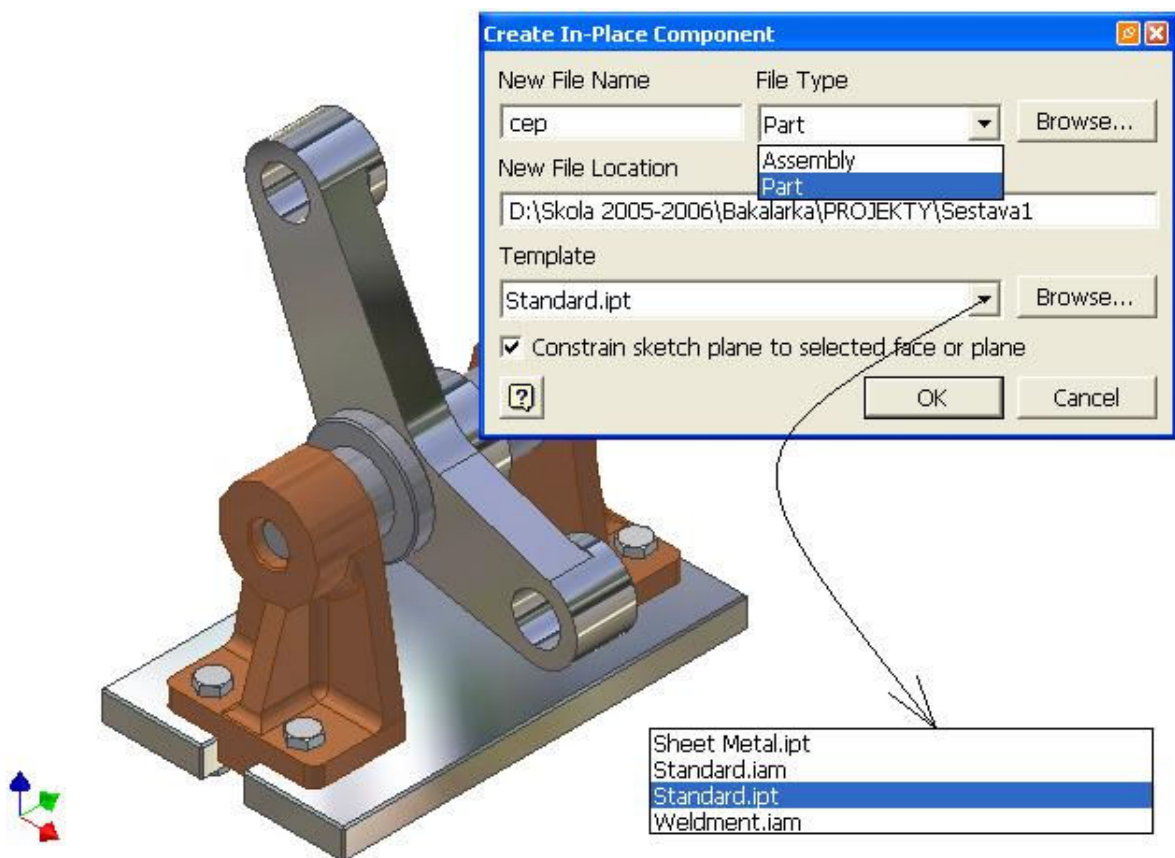
Tímto příkazem se umisťují již hotové komponenty do sestavy. Funkce není omezena pouze na vkládání jednotlivých dílů, ale lze ji použít i pro vložení již dříve vytvořené podsestavy. Po označení požadované součásti v dialogovém okně stačí kliknout na tlačítko Otevřít a součást se zobrazí na pracovní ploše, kde ji klepnutím na levé tlačítko myši, které je přichyceno k těžišti součásti, umístíme. První součást umísťená do sestavy se automaticky nastavuje jako Grounded (nehybná). Toto lze kdykoliv změnit v místní nabídce po stisknutí pravého tlačítka myši. Tentýž komponent lze umístit několikrát dle potřeby posunutím kurzoru a opětovným kliknutím. Když je na pracovní ploše již dostatečný počet výskytů komponentu, stačí kliknout na pravé tlačítko myši a zvolit možnost  Done . V prohlížečím panelu (Browser Bar) se přidá další položka, která po rozbalení obsahuje adresář Origin, v němž jsou obsaženy roviny, osy a počáteční bod dané součásti (podsestavy), které budeme s výhodou využívat při následném vytváření vazeb.



Obr. 13. Place Component

## 5.2 Create Component

Create Component je funkce, která umožní tvorbu nového dílu nebo podsestavy přímo v rozpracované sestavě. Po vyjetí dialogového okna, které ukazuje obrázek (Obr. 14. Create Component), se nejdříve vyplní název nového komponentu a určí se, zda se jedná o samostatný díl nebo o podsestavu. Dále se zadá cesta k adresáři, do kterého bude nový komponent uložen. Výhodné je mít všechny díly použité v sestavě v jednom adresáři, čímž lze předejít problémům při načítání dat. Důležitá je také volba šablony (Template). Po rozkliknutí roletového menu se nabízí čtyři šablony, které mají přednastavené jednotky a normy (nastavené při instalaci). Pokud je třeba použít pro nový komponent jinou šablonu, stačí kliknout na tlačítko Browse a zvolit jednu z dalších patnácti možných. Po potvrzení tlačítkem OK je nutné zadat rovinu nebo plochu pro nový náčrt. Plocha může být vybrána na některém z dílů sestavy a rovinu lze zvolit v prohlížečím panelu (Browser Bar). V novém náčrtu se již klasickým způsobem vymodeluje požadovaný díl. To, jestli bude mít nový komponent přímo vytvořenou vazbu na zvolenou plochu závisí na tom, zda je v dialogovém okně zatržena možnost Constrain sketch plane to selected face or plane.



Obr. 14. Create Component

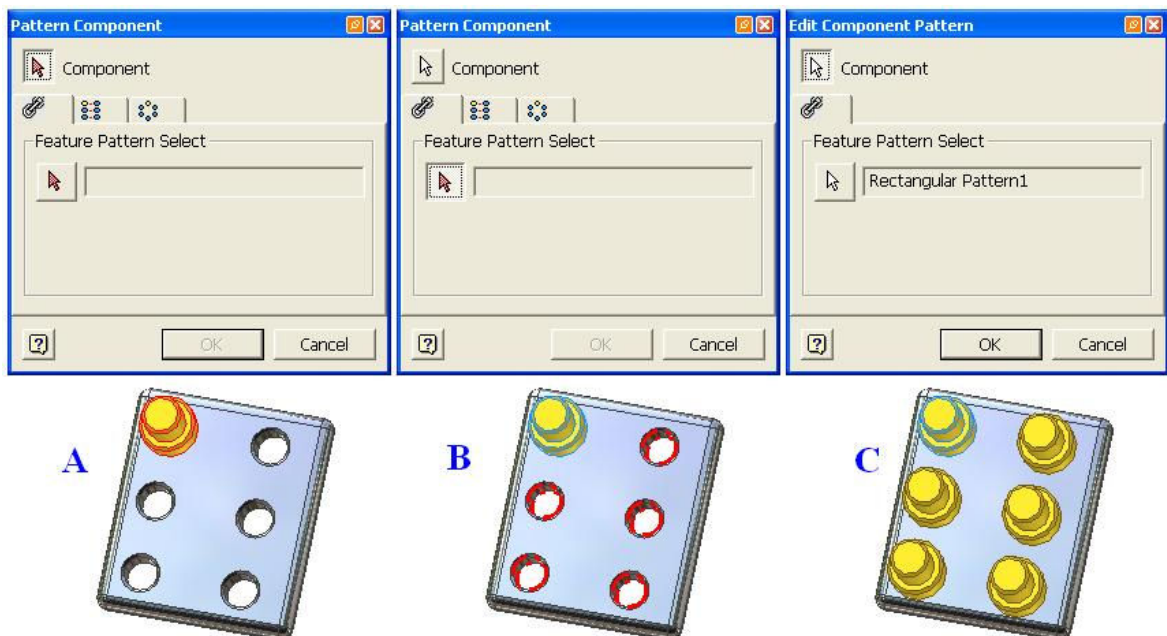
## 5.3 Pattern Component

Stejně jako při modelování jednotlivých dílů je často potřeba kopírovat určitý prvek do kruhového nebo obdélníkového pole, tak i v sestavách je velmi často nutné použít této funkce pro namnožení daného komponentu. Velmi často se toho využívá při umisťování šroubů a jiných spojovacích součástí. Podle potřeby má uživatel na výběr ze tří způsobů, jak prvek kopírovat do pole. Všechny tři způsoby jsou popsány níže.

### 5.3.1 Associative Pattern Component

Tímto způsobem lze kopírovat součást do již předem vytvořeného pole. Na obrázku (Obr. 15. Associative Pattern Component) je názorně předvedeno použití tohoto způsobu. Při modelování desky byly díry zhotoveny pomocí obdélníkového pole, které bude využito i v sestavě pro namnožení čepu.

- A. V dialogovém okně nejdříve zvolíme komponent, který má být množen.
- B. V dalším kroku stačí najet kurzorem myši na kteroukoliv díru v desce a automaticky se zvýrazní všechny díry, které byly vytvořeny v jednom kroku při modelování desky (vytvořeny kopírováním do pole).
- C. Po kliknutí se všechny volné díry zaplní novými komponenty. Dále stačí jen potvrdit tlačítkem OK.

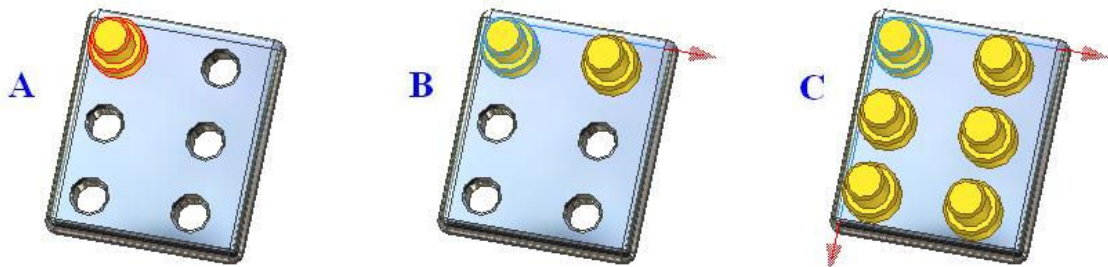
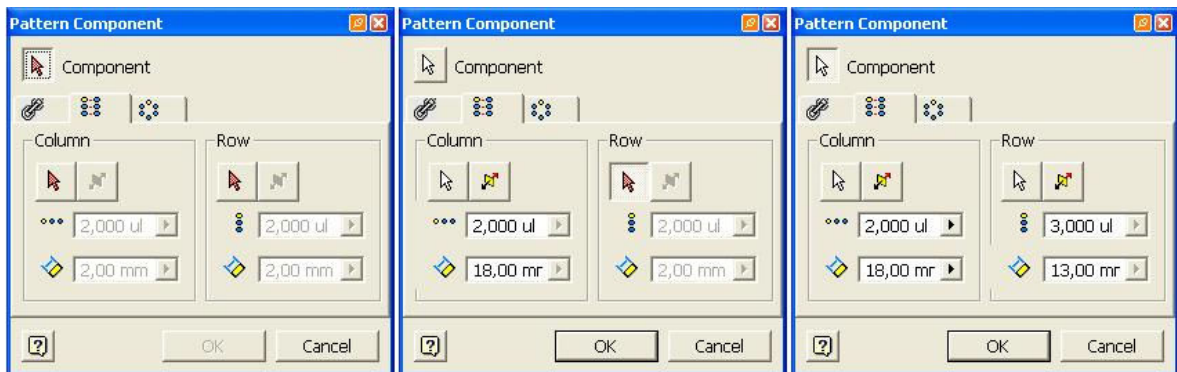


Obr. 15. Associative Pattern Component

### 5.3.2 Rectangular Pattern

Pomocí druhé záložky v dialogovém okně lze kopírovat prvky do obdélníkového (resp. rovnoběžníkového) pole zadáním počtu výskytů v jednotlivých směrech a jejich vzájemné vzdálenosti. K určení směru je možné využít libovolné hrany dílu, ale také některé ze tří os ve složce Origin (Browser Bar).

- V prvním kroku se kurzorem myši označí díl, který má být kopírován.
- Dále se zvolí první směr (Column) kliknutím na hranu desky nebo příslušnou osu. Pomocí tlačítka Flip Direction je možné tento směr rychle otočit o 180°. Po vyplnění údajů o počtu kopií a jejich vzájemné vzdálenosti v daném směru se určený směr čtvercového pole vyplní novými prvky.
- Nakonec stačí opět zadat směr kopírování (Row) a vyplnit údaje o počtu a vzdálenosti. V tomto druhém směru se nekopíruje pouze jeden prvek, ale celá řada, která byla vytvořena v předchozím kroku.

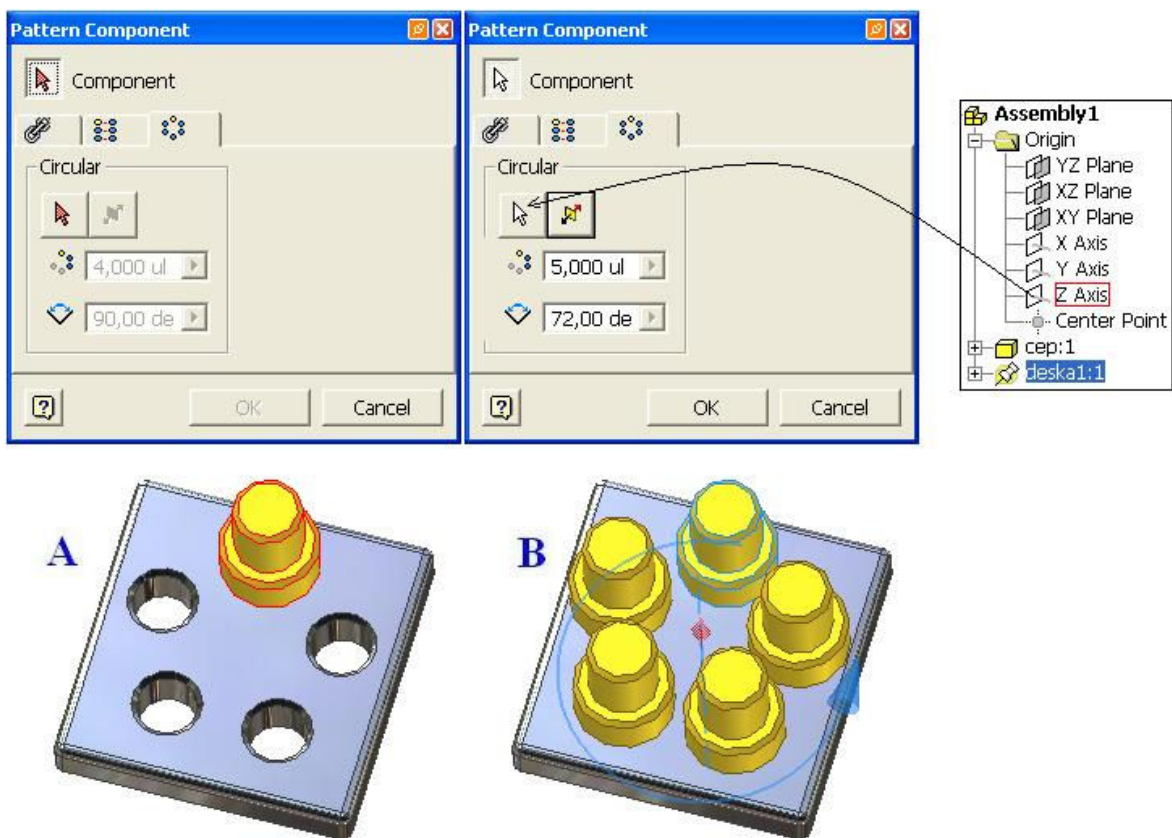


Obr. 16. Rectangular Pattern

### 5.3.3 Circular Pattern

Kruhové pole se skrývá pod poslední záložkou. Postup při jeho použití je následující:

- A. Kliknutím vybereme komponent.
- B. Zvolíme osu kolem které se má komponent kopírovat a také orientaci (Flip Direction). Osu lze zvolit z adresáře Origin, jak je vidět na obrázku (Obr. 17. Circular Pattern), nebo je nutné tuto osu vytvořit pomocí příkazu Work Axis. Pro správné vytvoření pole je důležité přesně stanovit úhel, který mezi sebou svírají osy jednotlivých prvků.



Obr. 17. Circular Pattern

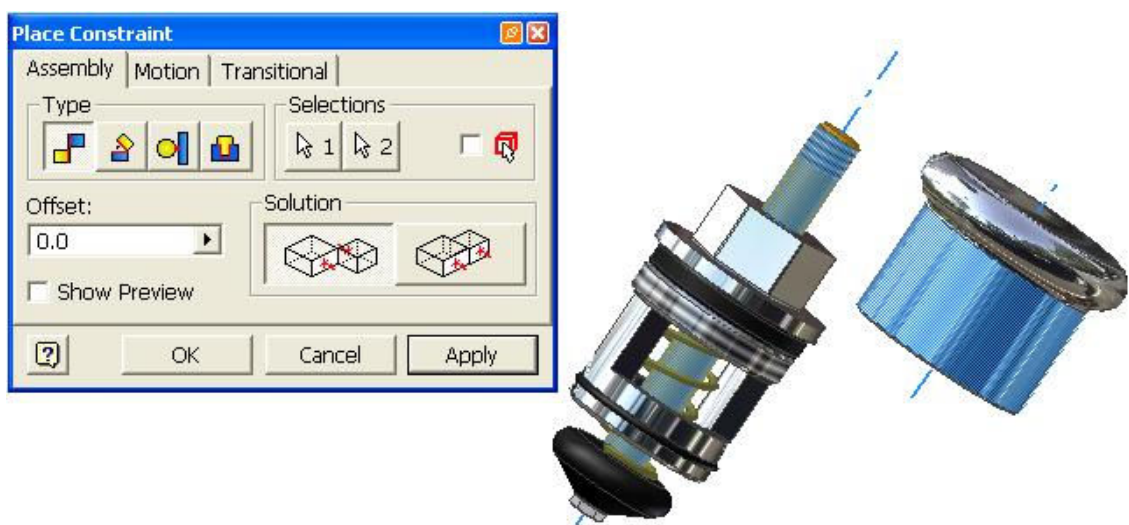


## 5.4 Place Constraint

Vazby určují, jak do sebe budou jednotlivé komponenty sestavy zapadat. Postupným přidáváním vazeb se komponentům v sestavě ubírají stupně volnosti. V dialogovém okně je na výběr ze tří záložek, které obsahují různé druhy vazeb. Všechny jsou vysvětleny níže. Jak bylo zmíněno již u vkládání dílů, tak první vložený komponent je nastaven jako Grounded. K tomuto komponentu se za použití vazeb přidávají další komponenty a sestava se postupně rozšiřuje. U složitějších sestav je vhodné tvořit vazby nejdříve mezi komponenty, které budou ve finále skryty uvnitř sestavy a k nim postupně přidávat komponenty další. Pro přehlednost a snazší orientaci je u složitých sestav ideální vytvořit si nejdříve podsestavy, které se následně pospojují vhodnými vazbami do jediné sestavy.



### 5.4.1 Mate

Jedná se o nejpoužívanější vazbu při tvorbě sestav. S její pomocí lze vytvořit sousost, spojit dva komponenty pomocí dvou ploch, aj. Offset umožňuje nastavit vyosení nebo vzdálenost dvou rovnoběžných ploch. Jak je vidět na obrázku (Obr. 18. Mate Constraint - sousost), pro tvorbu sousosti stačí postupně kliknout na dvě válcové plochy. U takto označených komponentů se nejdříve zobrazí pro přehlednost osy signalizující druh vazby a po potvrzení tlačítkem Apply dojde k vytvoření vazby. Pokud je zatržena funkce Show Preview, pak se jednotlivé komponenty automaticky posouvají na budoucí pozice ještě před potvrzením. Toto umožňuje přehlednější a rychlejší práci při tvorbě sestav – uživatel ihned vidí, zda bude vazba provedena dle jeho požadavku.




Obr. 18. Mate Constraint - sousost

Stejně jako při tvorbě sousosti, tak i při spojování dvou komponentů pomocí ploch stačí jednoduše plochy označit a tyto se navzájem spojí. Záleží opět na zadané hodnotě Offset, která určuje, jak mají být komponenty navzájem vzdáleny. Dále je možné přepínáním funkce Solution volit, jak budou označené plochy vůči sobě orientovány:

A.) Proti sobě (Mate)  B.) Rovnoběžně (Flush) 

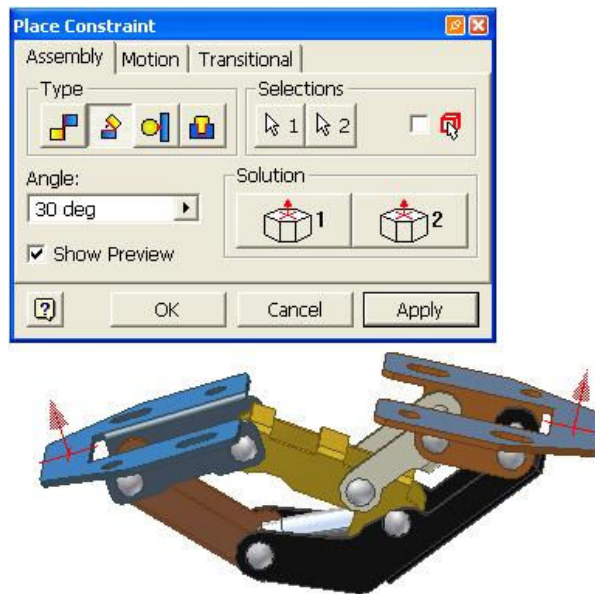


Obr. 19. Mate Constraint – plocha na plochu

Velmi výhodné je použití funkce Pick part first  , díky níž lze zejména při tvorbě složitějších sestav předejít řadě nechtěných omylů. Její funkce spočívá v tom, že uživatel musí nejdříve kliknout na komponent, u něhož chce vytvořit vazbu a až následně mu program zpřístupní možnost označení plochy, osy nebo bodu.

### 5.4.2 Angle

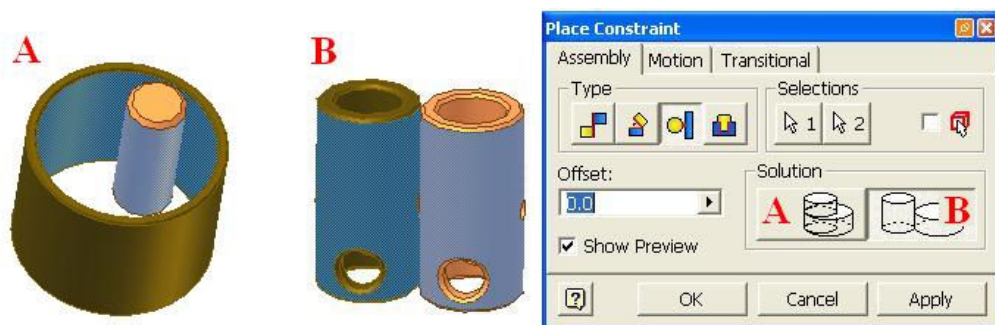
Vazba Angle umožňuje spojit dva komponenty pod určitým úhlem. Mohou být zadány jak osy, tak i plochy jednotlivých komponentů, jak je vidět na obrázku (Obr. 20. Angle Constraint). Pomocí funkce Solution je možné měnit kvadranty, resp. volit kladný směr, od něhož se zadaný úhel odměřuje.



Obr. 20. Angle Constraint

### 5.4.3 Tangent

Tato vazba umožňuje spojit dvě plochy (nejčastěji rotační) tak, že se navzájem dotýkají jen v tečném bodě. Tečnost může nastat uvnitř nebo vně. Na následujícím obrázku (Obr. 21. Tangent Constraint) je vidět, že při použití této vazby bude jeden z válečků obíhat po obvodu druhého v závislosti na tom, který z nich je nastaven jako Grounded nebo kterému byly již dříve odebrány všechny stupně volnosti použitím vhodných vazeb.

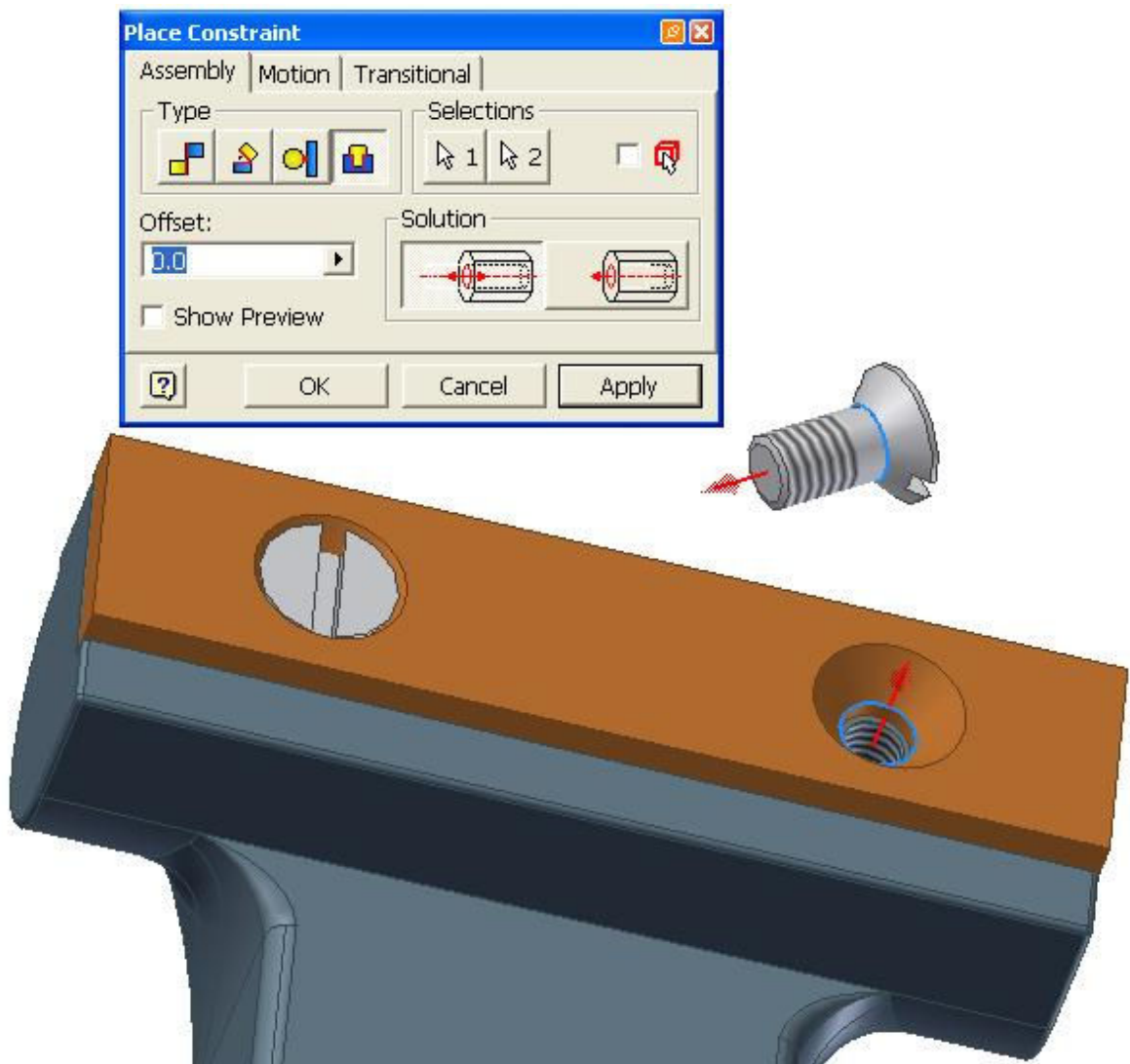


Obr. 21. Tangent Constraint



#### 5.4.4 Insert

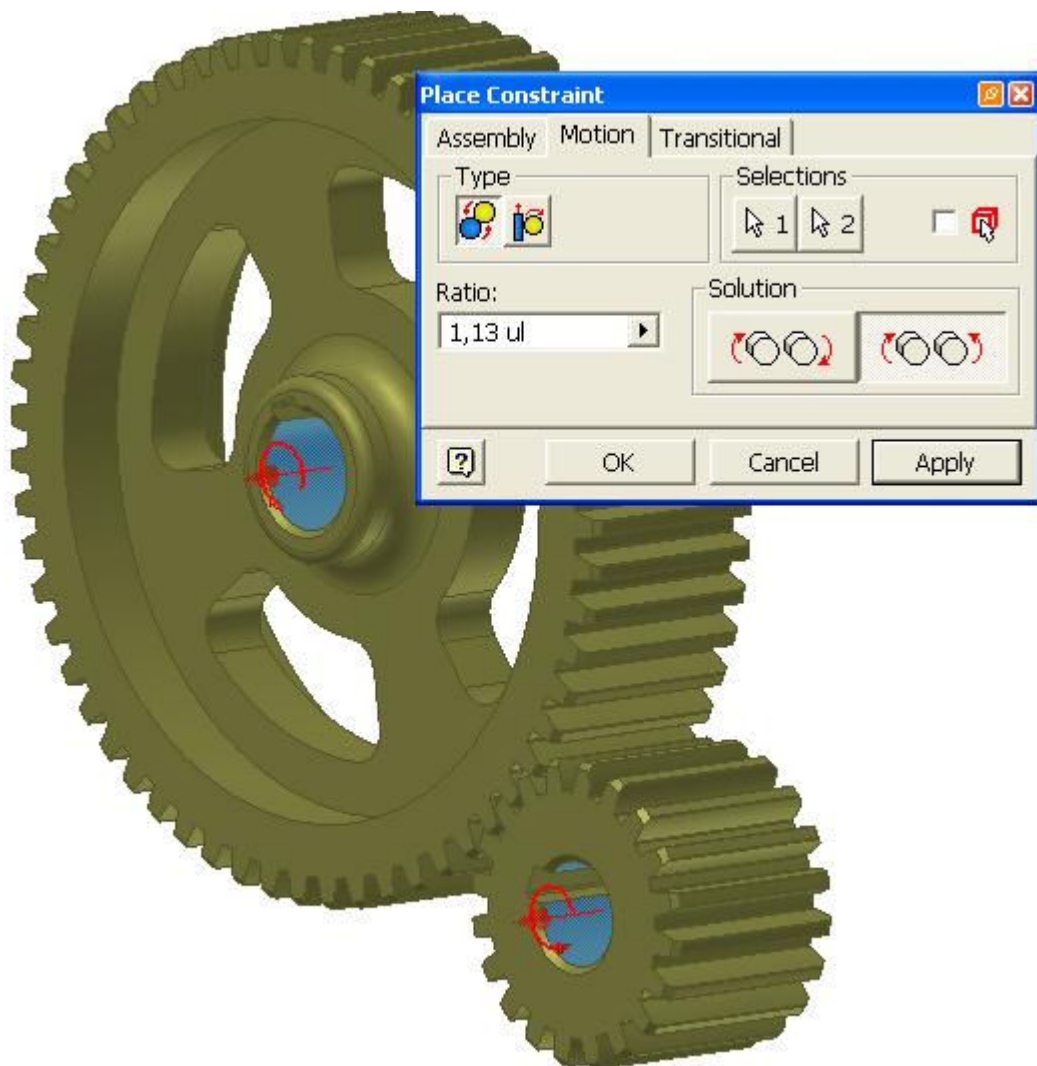
Vazba Insert se dá s výhodou použít při umísťování šroubů, čepů, kolíků, ale také hřídelí a všech jiných rotačních součástí. V podstatě se dají touto jedinou vazbou nahradit dvě vazby Mate, tedy sousost a vzájemná vzdálenost obou součástí v osové směru. Vkládanému dílu zůstane po použití této vazby pouze jediný stupeň volnosti (rotace kolem vlastní osy), který lze snadno odebrat vazbou Mate. Na níže uvedeném obrázku (Obr. 22. Insert Constraint) je naznačen postup při použití této vazby. Nejdříve se myší označí jedna plocha na šroubu a následně plocha druhá na druhém komponentu. Opět nezáleží na pořadí. Pomocí funkce Solution je možné měnit vzájemnou orientaci obou dílů. V případě potřeby je možné zadat vzdálenost odsazení do políčka Offset.



Obr. 22. Insert Constraint

### 5.4.5 Rotation

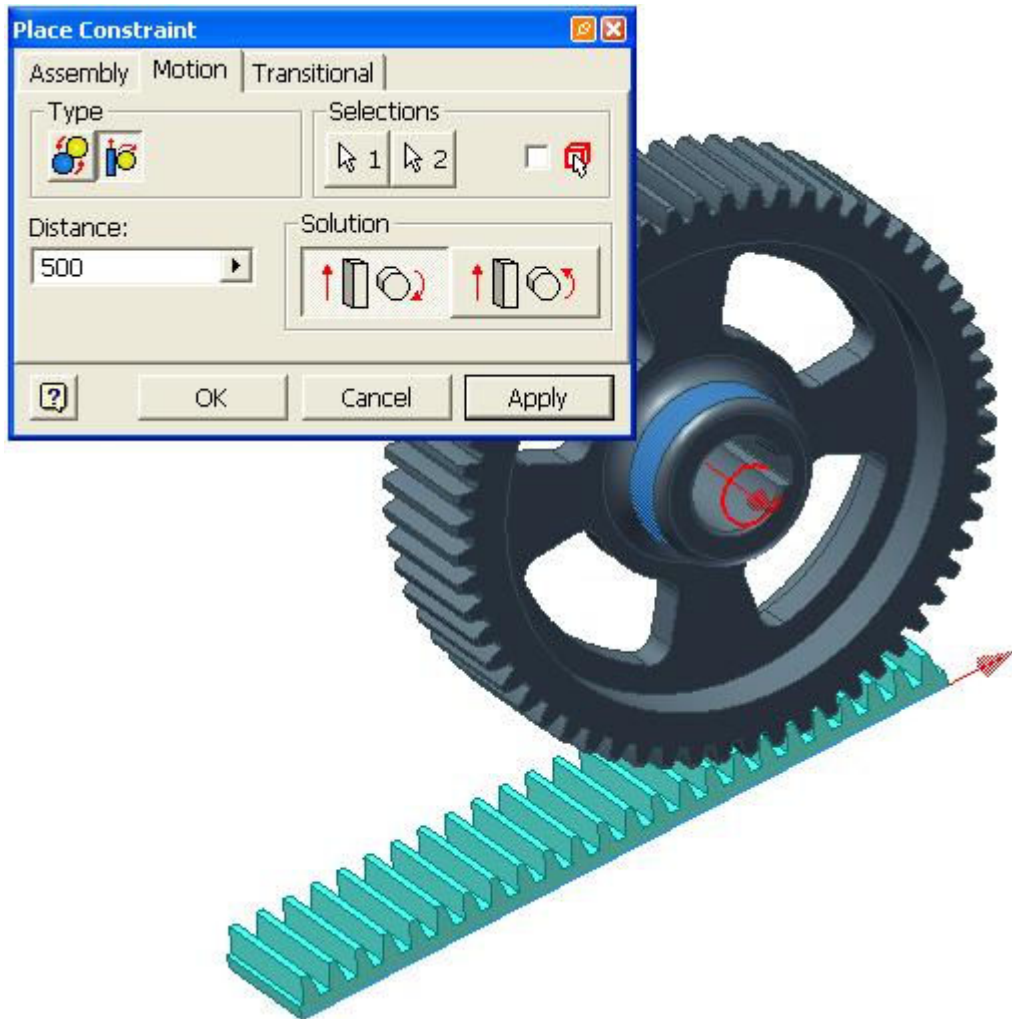
Vazba Rotation nachází nejširší uplatnění v sestavách, ve kterých se vyskytují ozubená kola, kladky a jiné rotační součásti. Lze s ní snadno nastavit otáčení jedné součásti vzhledem k druhé. Do políčka Ratio se zapisuje požadovaný převodový poměr. Například při hodnotě 2.0 (2:1) se otočí druhý výběr dvakrát pokaždé, když se první otočí jednou [1]. Při hodnotě 0.5 (1:2) se otočí druhý výběr jednou pokaždé, když se otočí první výběr dvakrát [1]. U této vazby tedy záleží na pořadí ve kterém se označují jednotlivé součásti. Pomocí nastavení Solution (Forward a Reverse) se nastaví, zda se budou součásti otáčet souběžně nebo proti sobě.



Obr. 23. Rotation Constraint

### 5.4.6 Rotation–Translation

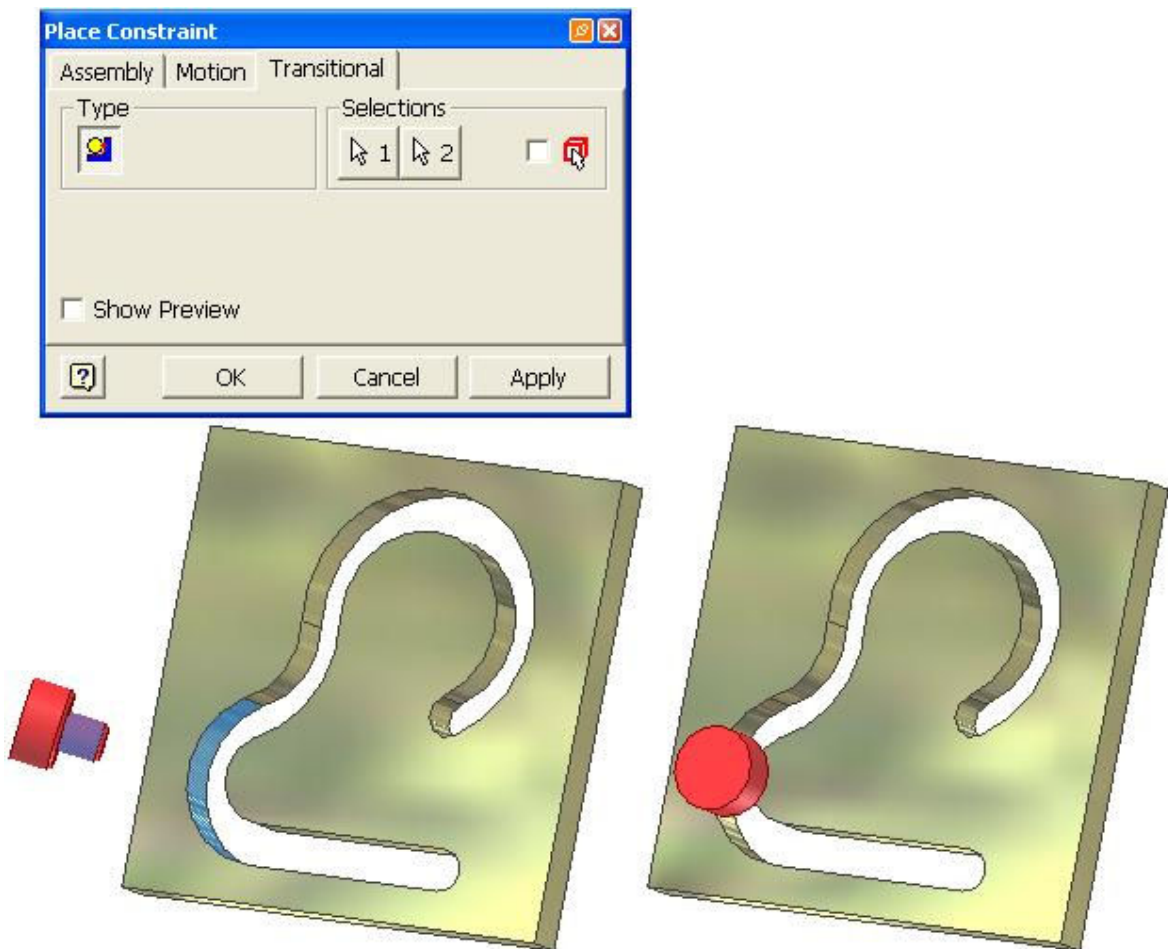
Vazba Rotation-Translation převádí rotační pohyb jednoho komponentu na posuvný pohyb komponentu druhého a naopak. Zadáním hodnoty Distance se určí, o jakou vzdálenost se posune druhá součást na jednu otáčku součásti první. Pomocí Forward a Reverse se opět nastaví způsob pohybu jednotlivých součástí. Vazbu je možné použít například u hřebenového řízení.



Obr. 24. Rotation–Translation Constraint

### 5.4.7 Transitional

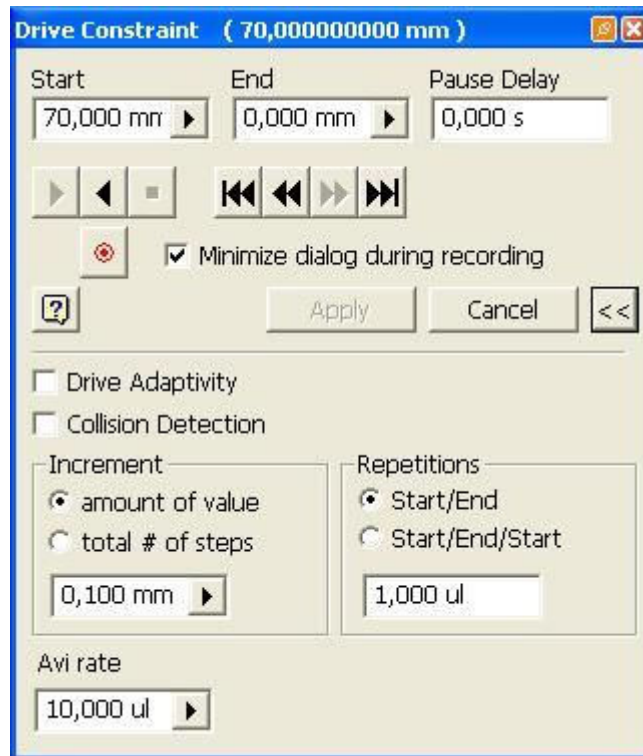
Tato vazba je vhodná v případech, kdy je třeba, aby pohyb jedné součásti byl odvozen od některé plochy druhé součásti. Jak je vidět na obrázku (Obr. 25. Transitional Constraint), tak pro vytvoření vazby stačí označit válcovou plochu čepu a následně jedinou libovolnou plochu tvořící bok vodící drážky. Program bude automaticky uvažovat množinu všech ploch tvořících vodící drážku. Stejný postup by platil i u klasických vaček, klikových hřídelí aj.



Obr. 25. Transitional Constraint

### 5.4.8 Drive constraint

Dialogové okno pohyblivé vazby vyvoláme kliknutím pravého tlačítka na příslušnou vazbu ve stromovém adresáři a zvolením možnosti Drive Constraint. V okně se vyplní startovací a konečná poloha, dále je zde možné po zpřístupnění více možností nastavit počet opakování, rychlost pohybu, kontrolu kolizí, aj. Pohybu lze docílit u všech vazeb, které jsou obsaženy v záložce Assembly, tedy Mate, Angle, Tangent a Insert.



Obr. 26. Dialogové okno Drive Constraint



## 5.5 Replace Component

Nahrazením komponentu za jiný se ztratí všechny vazby kromě vazby stejného názvu, typu a odsazení nebo hodnoty úhlu. Po zvolení tohoto příkazu program vyzve k označení dílu, který má být nahrazen. Po kliknutí na díl se zobrazí již známé dialogové okno (Otevřít), ve kterém zvolíme díl, kterým se má původní nahradit.

## 5.6 Move Component

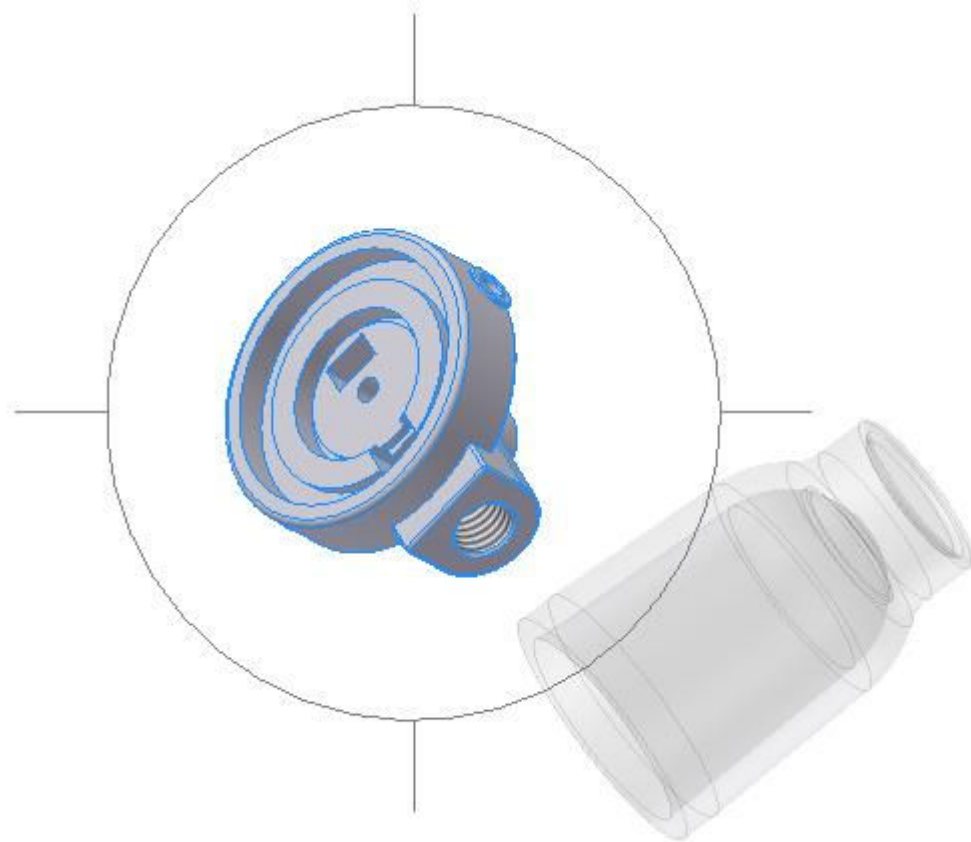
Příkaz slouží k volnému posouvání komponentů. I když má komponent vytvořeny vazby na zbývající díly sestavy, přesto se s ním dá pomocí tohoto příkazu pohybovat stejně jako s komponentem volným. Využívá se především u složitějších sestav, kdy je potřeba změnit vnitřní uspořádání, přidat nebo nahradit některý díl nebo změnit vazbu. Jak je vidět na obrázku (Obr. 27. Move Component), posunutím těla vodovodní baterie se odhalil celý vnitřek a lze tedy měnit například přepínací mechanismus baterie. Stejného efektu by se dalo dosáhnout vypnutím viditelnosti „překážejícího“ dílu. Po dokončení práce je nutné kliknout na tlačítko Update, čímž se posunutý díl vrátí na původní místo a obnoví se jeho vazby.



*Obr. 27. Move Component*

## 5.7 Rotate Component

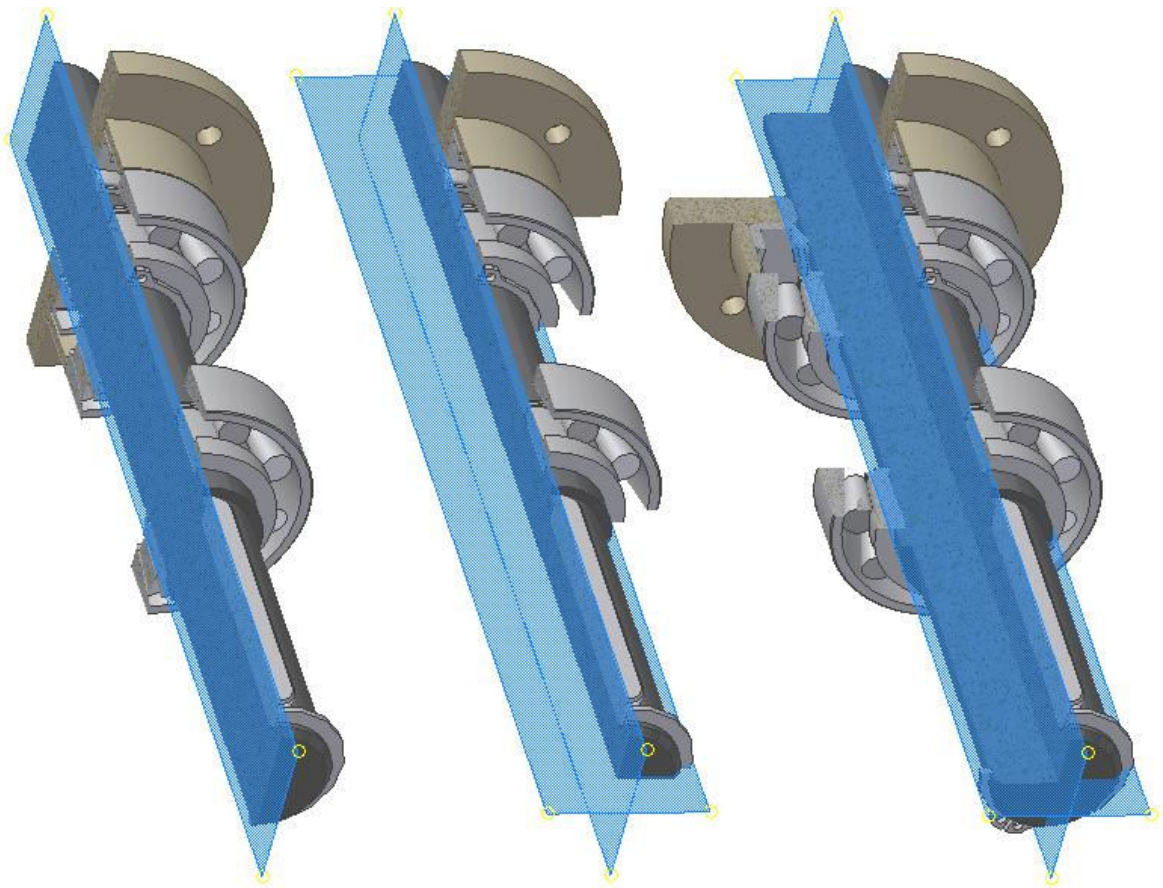
Stejně jako funkce Rotate (Standard Bar), tak i funkce Rotate Component slouží k volné rotaci. Je zřejmé, že po vložení všech dílů na pracovní plochu nebudou všechny natočeny ideálně tak, aby se u nich daly pohodlně tvořit vazby. Při použití této funkce stačí postupně označovat jednotlivé díly a natáčet je dle potřeby. Hlavní rozdíl oproti klasické rotaci je tedy v tom, že nerotuje celé prostředí, ale vždy jen jeden díl a podobně jako u Move Component se nerespektují vazby.



*Obr. 28. Rotate Component*

## 5.8 Section View

Řez sestavou zviditelní části sestavy v dutinách nebo části zakryté jinými komponenty. Řezy je možné vést plochou nebo rovinou. Po zobrazení roletového menu je možné zvolit ze tří možných řezů. U polovičního řezu se zadává pouze jedna rovina nebo plocha (ze složky Origin nebo přímo z pracovní plochy), kdežto u čtvrtinového a tříčtvrtěčného řezu je nutné zadat roviny dvě. Snadné přepínání mezi možnými pohledy v daném řezu umožňuje po stisknutí pravého tlačítka myši funkce Flip Section. Obnovení celkového pohledu se provede posledním příkazem v roletovém menu – End Section View. Následující obrázek (Obr. 29. Half Section View, Quarter Section View a Three Quarter Section View) ukazuje všechny tři způsoby řezu. V tomto případě byly roviny řezu vybírány ze složky Origin.




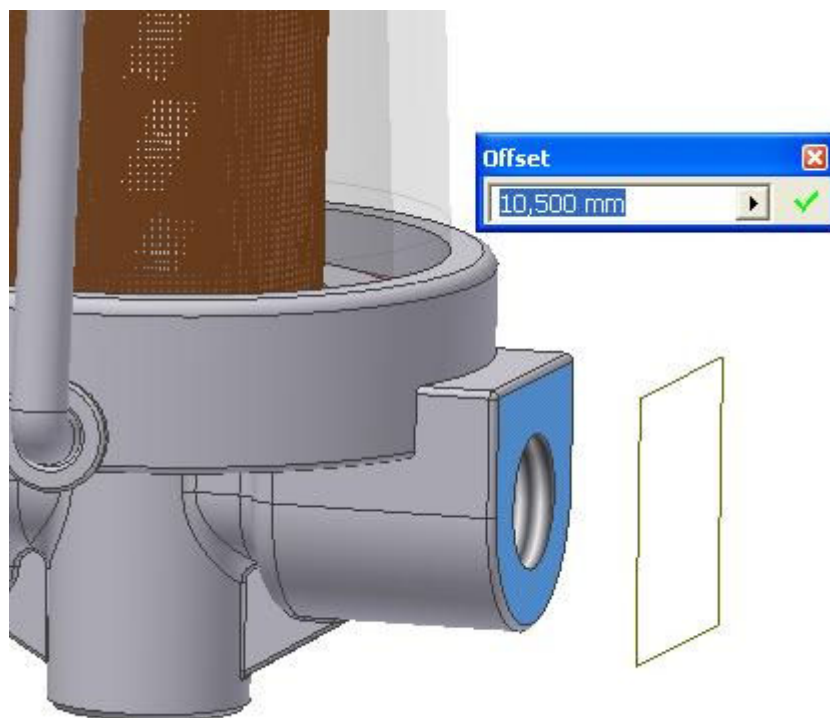
*Obr. 29. Half Section View, Quarter Section View a Three Quarter Section View*



## 5.9 Work Plane

Příkazem Work Plane se vytváří pomocná rovina pro další operace. Rovinu je možné vytvořit mnoha způsoby, z nichž ty nejdůležitější jsou popsány níže.

- **Rovinnou plochou a vzdáleností** – Levým tlačítkem myši se klikne na plochu a po následném tažení se zobrazí okno do kterého se zadá vzdálenost roviny od výchozí rovinné plochy. Lze též využít funkce Measure, která se skrývá pod tlačítkem . Tato možnost je ze všech možných nejpoužívanější.



Obr. 30. Work Plane

- **Třemi body** – Postupně se zadají tři body tvořící pracovní rovinu.
- **Přímkou, rovinnou plochou a úhlem** – Po kliknutí na rovinnou plochu a na ní ležící přímku (hrana, pracovní osa, aj.) se nabídne dialogové okno pro zadání úhlu.
- **Přímkou a bodem** – Po označení libovolné přímky a bodu se vytvoří pracovní rovina kolmá k zadané přímce procházející daným bodem.
- **Válcovou plochou a přímkou** – Vytvoří pracovní rovinu, která bude tečná k zadané válcové ploše.

- **Válcovou a rovinnou plochou** – Tato kombinace povede k vytvoření pracovní roviny rovnoběžné se zadanou rovinnou plochou, která bude zároveň tečná k válcové ploše.

### 5.10 Work Axis

Pracovní osu je možné vytvořit zadáním dvou bodů, hrany nebo kliknutím na válcovou plochu. Využívá se jí zejména při vytváření pracovní roviny nebo při kopírování komponentu do kruhového pole.

### 5.11 Work Point

Stejně jako se pracovní osa využívá při tvorbě pracovní roviny, tak se pracovní bod využívá při tvorbě pracovní osy.

### 5.12 Extrude

Použití tohoto příkazu je prakticky stejné jako při tvorbě dílů. Jsou zde ovšem jistá omezení. Po vytvoření náčrtku je možné pouze vyříznout daný tvar a maximálně nastavit úhel zkosení. Ostatní možnosti, jako připojení, průnik a jiné nejsou při tvorbě sestav aktivní. Provedené změny se projeví pouze v sestavě, nikoliv na jednotlivých dílech. Ve stromovém adresáři se tyto operace postupně zaznamenávají pod složkou Origin.

### 5.13 Hole

Díry lze vytvářet na libovolných dílech sestavy bez jakýchkoliv omezení stejně jako při tvorbě dílů. Změny se opět projeví pouze v sestavě a díly zůstanou nezměněny.

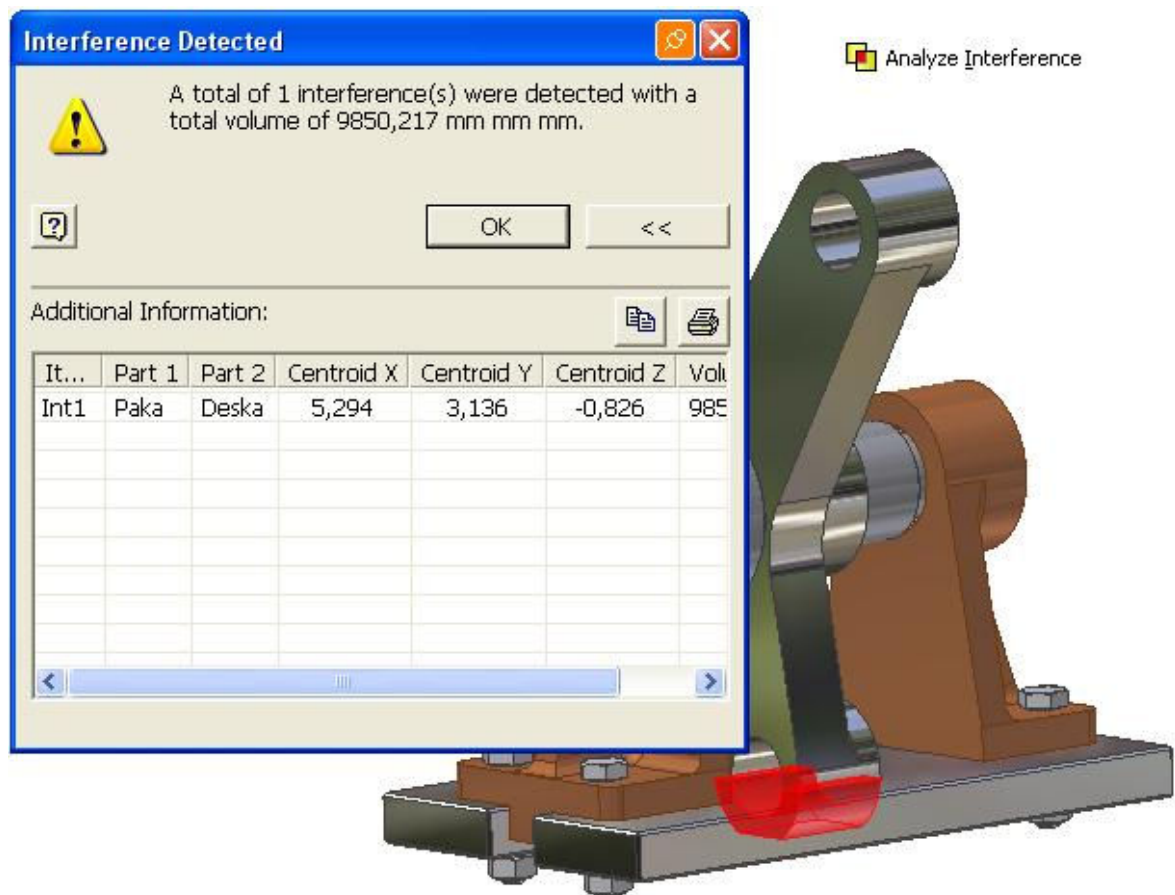
### 5.14 Chamfer

Funkci pro sražení hrany je možné použít kdykoliv během tvorby sestavy. Pro lepší přehlednost je však lepší veškerá sražení provádět na konkrétních komponentech, což platí i pro předchozí dva příkazy.

## 6 DALŠÍ FUNKCE

### 6.1 Analyze Interference

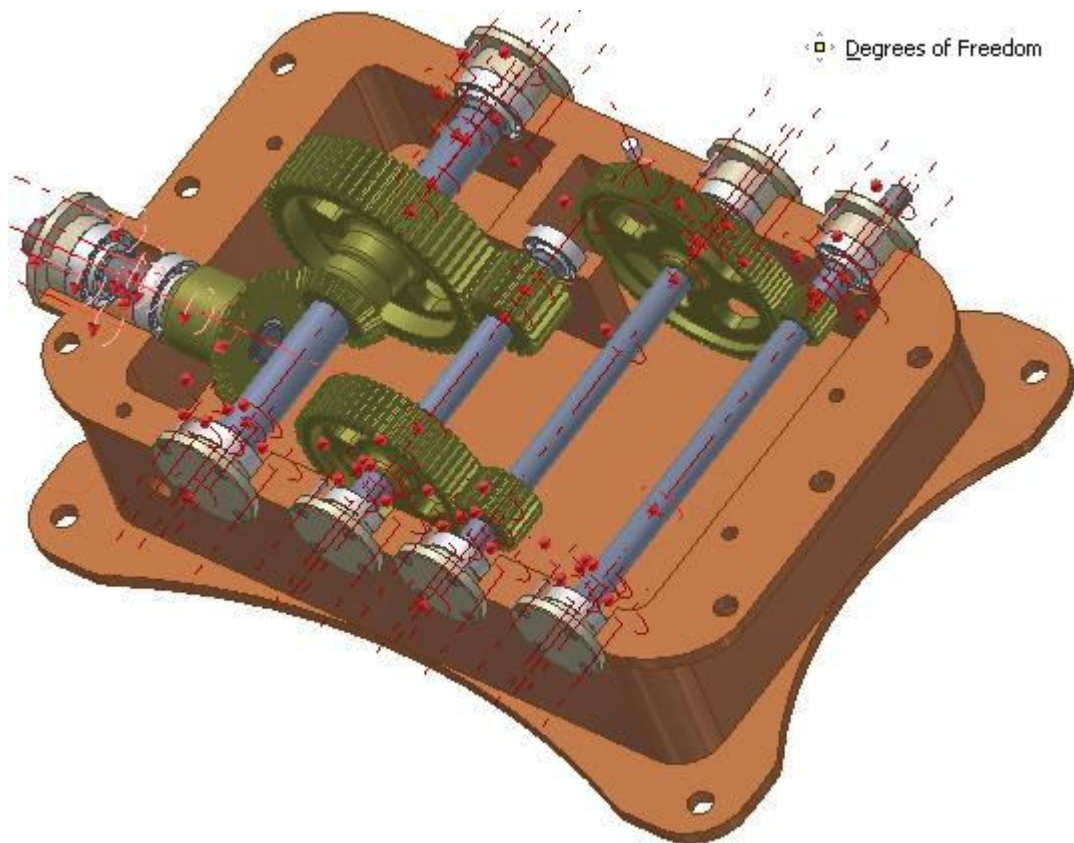
Kontrola kolizí umožňuje zjistit, jestli mezi zadanými komponenty nedochází k nežádoucímu kontaktu (překrývání). Pro posouzení kolizí je možné zvolit buď jen dva komponenty, nebo nadefinovat dvě skupiny komponentů. Po vyhodnocení se zobrazí přehledná tabulka s výsledky, ve které jsou vypsány všechny zjištěné problémy. V místě, kde se komponenty překrývají, je kolize dočasně zobrazena jako těleso červené barvy. Z tabulky se dají vyčíst souřadnice těžiště dočasněho tělesa a jeho objem v  $\text{mm}^3$ . Za předpokladu, že k žádné kolizi mezi danými komponenty nedochází, objeví se místo tabulky příslušná hláška.



Obr. 31. Analyze Interference

## 6.2 Degrees of Freedom

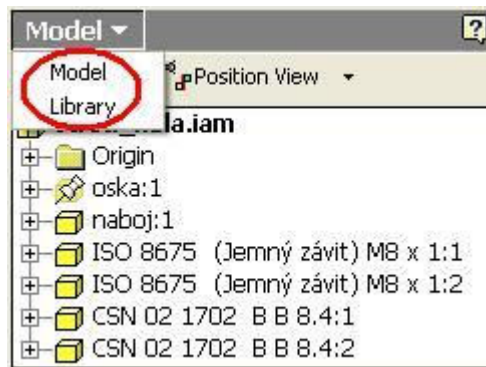
Ve většině případů je nutné, aby byly sestavě odebrány všechny stupně volnosti, například kvůli pozdější tvorbě výkresů. Každý komponent sestavy má po vložení šest stupňů volnosti, které se ubírají postupným přidáváním vhodných vazeb. Pokud není tlačítko (ikona) na panelu sestavy (Assembly Panel), pak ho nalezneme v záložce View na panelu Menu Bar. Po zatlačení tlačítka se na sestavě zobrazí šipky, které signalizují neodebrané stupně volnosti jednotlivých komponentů. Tuto pomůcku je možné nechat zapnutou po celou dobu vytváření vazeb. Zobrazení se vypne opětovným kliknutím na tlačítko Degrees of Freedom.



Obr. 32. Zobrazení stupňů volnosti

## 7 BROWSER BAR


Tento panel se standardně nachází stejně jako při modelování jednotlivých dílů v levé spodní části pracovní plochy. U sestav je panel rozšířen o knihovnu normalizovaných součástí a ocelových profilů. Podle potřeby se v něm tedy dá snadno přepínat mezi záložkami Model a Library jak je znázorněno na níže uvedeném obrázku (Obr. 33. Browser Bar).




Obr. 33. Browser Bar

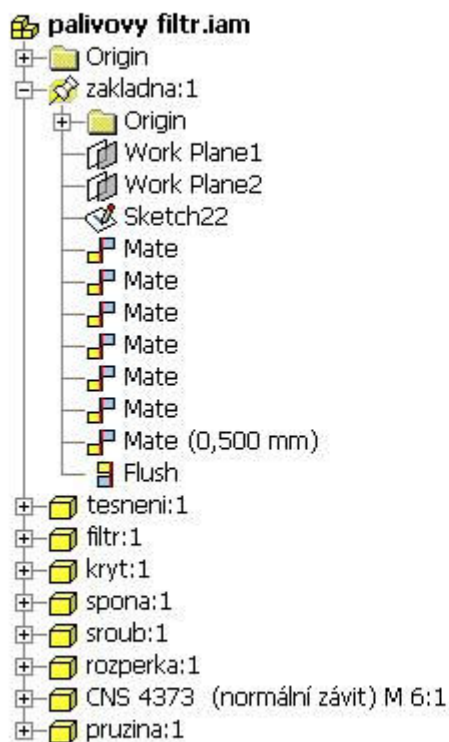
### 7.1 Model

Panel obsahuje přehled všech použitých dílů a to normalizovaných i nenormalizovaných. Díly se do stromu přidávají postupně v tom pořadí, v jakém byly vloženy na pracovní plochu. Dále obsahuje již známou složku Origin (globální), jejíž obsah lze v mnoha případech použít pro tvorbu nových vazeb, za předpokladu, že je panel přepnut na možnost **Position View**, jak je vidět na obrázku (Obr. 33. Browser Bar). U sestav je vždy jedna globální složka Origin, která obsahuje globální roviny a osy a dále je u každého dílu tzv. lokální složka Origin. Důležité je, že první komponent umístěný na pracovní plochu má své roviny a osy orientovány stejně jako je tomu v globální složce Origin, čímž je zajištěno, že bude sestava přesně definována v prostoru. To, který komponent bude nastaven jako nehybný a bude mít své roviny orientovány shodně s globální složkou Origin, je možné snadno změnit v místní nabídce po kliknutí pravým tlačítkem myši a zatržením možnosti  **Grounded**. V té samé nabídce je možné vypnout také viditelnost daného komponentu označením položky  **Visibility**. Další příkazy jako Properties, Expand (Collapse) All Children aj. jsou prakticky stejné jako při tvorbě dílů. Po rozbalení libovolného řádku (dílu) kliknutím na + se zobrazí již zmiňovaná lokální složka Origin, pracovní roviny, náčrty a hlavně všechny vazby použité na daném dílu. Tyto vazby je možné editovat v dialogovém

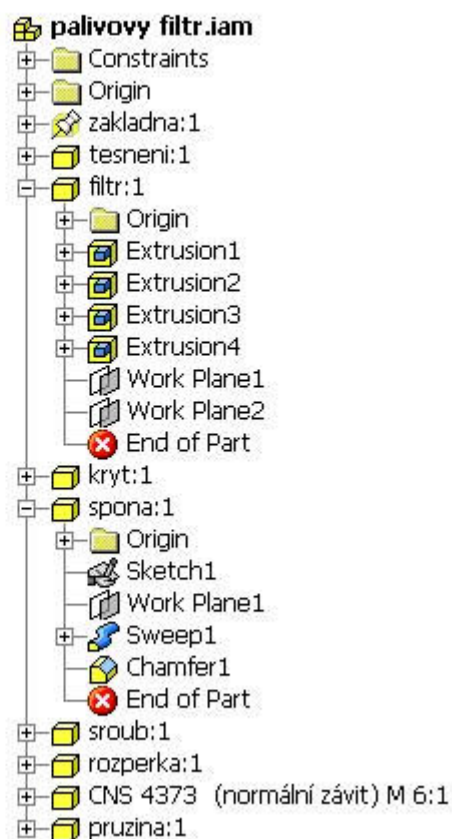
okně po kliknutí pravým tlačítkem na příslušnou vazbu (např.  Mate) a vybrání funkce Edit, popřípadě Modify, kde je ovšem možné měnit pouze vzdálenosti, úhly, aj. Kromě možností pro změnu vazby jsou v tomto menu také další funkce jako například Drive constraint (pohyblivá vazba), která byla popsána již dříve a nebo funkce  Suppress, která dokáže dočasně potlačit danou vazbu.

Po přepnutí na  Modeling View se stromový adresář změní a lze v něm měnit jednotlivé části dílů, aniž by bylo nutné daný díl otevřít ve zvláštním okně. Je zde ovšem jisté omezení, které neumožní změnu sražení nebo zaoblení hrany aj.

## Position View



## Modeling View

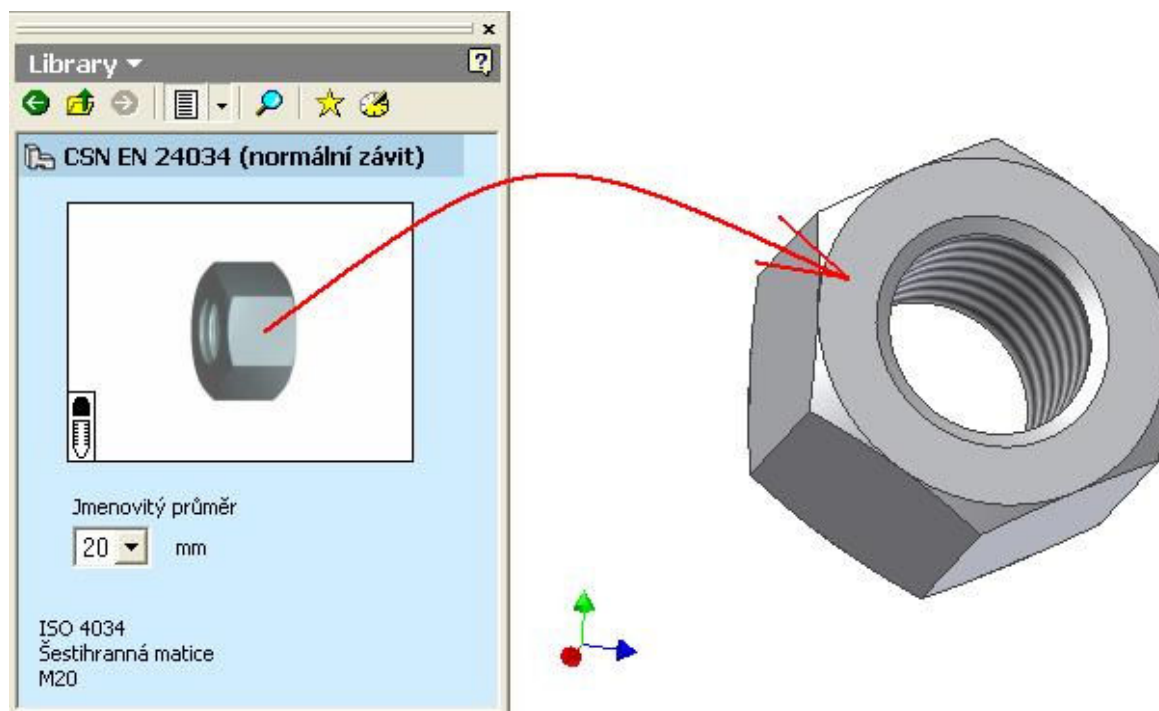


Obr. 34. Modeling a Position View



## 7.2 Library

Po přepnutí na záložku Library dostává uživatel na výběr dva katalogy a to katalog normalizovaných součástí a katalog ocelových profilů. Na výběr je celkem z 18 norem. U normalizovaných dílů je po vybrání normy k dispozici katalog, který je rozdělený do jednotlivých kategorií od šroubů přes ložiska až po woodruffova pera. Po nadefinování všech rozměrů je ve spodní části vidět norma dané součásti, její popis a rozměry. Jak ukazuje obrázek (Obr. 35. Vkládání normalizovaných součástí), součást se na pracovní plochu umístí pouhým tažením myši. Počet umístění je závislý na uživateli a platí stejné zásady jako při vkládání nenormalizovaných komponentů. Důležitým předpokladem pro úspěšné vložení dílu z knihovny je dřívější uložení sestavy. V případě, že sestava uložena nebyla, objeví se varovná hláška. Při vkládání některých normalizovaných součástí jako jsou například pojistné kroužky a nýty Inventor automaticky nabídne dialogové okno pro výběr složky a názvu souboru pro uložení. Ostatní normalizované součásti se ukládají přímo do složky, ve které je uložena sestava.



Obr. 35. Vkládání normalizovaných součástí

## ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce jsou podrobně popsány a vysvětleny nejvýznamnější pojmy a zkratky používané v oblasti CA technologií. Zvláštní kapitolu pak tvoří oblast CAD systémů, v níž je provedeno určité rozdělení CADů a také je zde uveden průzkum rozšířenosti CAD systémů mezi uživateli, který v letošním roce provedl Robert Green z The Georgia Institute of Technology a zveřejnil jej v časopise *Cadalist*. Z uvedeného průzkumu vyšel jako vítěz program AutoCAD s drtivou převahou 57%. Dále byla v teoretické části věnována pozornost třem dnes nejoblíbenějším středním CAD systémům (SolidWorks 2005 Office Professional, Solid Edge V15 a Inventor 9), u nichž byly vyzdvíženy jejich silné a slabé stránky. Nutno dodat, že všechny tři systémy jsou víceméně schopny plnit náročné operace pro většinu uživatelů. Za zmínku stojí také přehled cen jednotlivých CADů, ve kterém ovšem chybí přesná cena jednoho z nejvýznamnějších představitelů velkých CAD systémů a to CATIE V5, u níž je uvedena jen cena přibližná.

Praktická část je zaměřena na popis většiny nepoužívanějších příkazů a funkcí při tvorbě sestav v programu Autodesk Inventor 6. Jednotlivé postupy jsou doplněny přehlednými obrázky, které usnadní pochopení dané funkce. Praktická část by měla sloužit studentům jako jednoduchý manuál, ve kterém by našli nápovědu a pomoc při práci s daným programem. Pro snazší přístup k těmto materiálům je elektronická podoba mé bakalářské práce umístěna na internetových stránkách Ústavu výrobního inženýrství spolu s praktickými příklady, na kterých si studenti mohou nastudované znalosti ověřit.

Závěrem bych zde chtěl také shrnout výhody a nevýhody Inventoru. Pro posouzení všech jeho výhod a nevýhod oproti jiným CAD systémům by bylo nutné znát podrobně všechny tyto programy a následně srovnávat. Pokud ovšem budu vycházet z doposud získaných znalostí a z dostupné literatury, pak je možné říct, že Inventor jako takový stále postrádá oproti jiným CADům určité nástroje, což je zapříčiněno jeho pozdějším příchodem na trh. Příkladem nedostatku jsou nástroje pro tvorbu forem. Sice existují nezávislí dodavatelé, kteří tyto mezery vyplňují svými nástroji, ale i přesto je Inventor stále pozadu například oproti CATII, která je značně propracovanější a nabízí o mnoho více funkcí. Na druhou stranu je práce s Inventorem jednodušší a také rychlejší pro běžné modelování, tvorbu výkresové dokumentace aj. V každé nové verzi tohoto programu se objevují stále nové funkce jako například možnost tvorby rozvodů drátů a kabeláží, tvorba potrubních systémů a také analýza metodou konečných prvků, což svědčí o tom, že se Inventor stále zdokona-



luje a snaží se dohnat ostatní CADy, které jsou na trhu již delší dobu. Největším jeho pozitivem je ovšem společnost která za ním stojí.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Fořt, P., Kletečka, J. Autodesk Inventor – Adaptivní modelování v průmyslové praxi. Brno : Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0389-7.
- [2] Fořt, P., Kletečka, J. AutoCAD Release 14 – Učebnice pro střední školy. Praha : Computer Press, 1998. ISBN 80-7226-078-2.
- [3] GREEN, R. CAD Manager: CAD Manager Survey 2004, Part 2. Cadalyst. 2004, vol. 21, no. 12, p. 52-54. ISSN 0820-5450.
- [4] GRECO, J. Software Strategy: Midrange Modelers. Cadalyst. 2005, vol. 1, no. 1, p. 46-49. ISSN 0820-5450.
- [5] Autodesk s.r.o. [online]. c2005. [cit. 6.11.2005]. Dostupné na World Wide Web : <<http://www.autodesk.cz>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CA	Computer Aided
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAQ	Computer Aided Quality
CNC	Computer Numerical Control
DWG	DraWinG – binární formát souborů výkresů AutoCADu
EDM	Electronic Document Management
FEA	Finite Element Analysis
FEM	Finite Element Method
IAM	Inventor AsseMbly
IBM	International Business Machines
IPT	Inventor ParT
MKP	Metoda Konečných Prvků
NC	Numeral Control
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management
SVAPU	Silicon Valley AutoCAD Power Users

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Používané zkratky [1] .....	11
Obr. 2. Struktura podniku .....	13
Obr. 3. Souřadné systémy .....	20
Obr. 4. Výhody znalosti adaptivního modelování .....	21
Obr. 5. Průzkum rozšířenosti CAD systémů [3] .....	23
Obr. 6. Úvodní oko .....	27
Obr. 7. Pracovní prostředí .....	28
Obr. 8. Práce se soubory .....	29
Obr. 9. Možnosti výběru a přechodu do skicáře .....	29
Obr. 10. Nástroje pro manipulaci a volbu pohledu .....	30
Obr. 11. Možnosti zobrazení .....	31
Obr. 12. Assembly Panel .....	32
Obr. 13. Place Component .....	33
Obr. 14. Create Component .....	34
Obr. 15. Associative Pattern Component .....	35
Obr. 16. Rectangular Pattern .....	36
Obr. 17. Circular Pattern .....	37
Obr. 18. Mate Constraint - souosost .....	38
Obr. 19. Mate Constraint – plocha na plochu .....	39
Obr. 20. Angle Constraint .....	40
Obr. 21. Tangent Constraint .....	40
Obr. 22. Insert Constraint .....	41
Obr. 23. Rotation Constraint .....	42
Obr. 24. Rotation–Translation Constraint .....	43
Obr. 25. Transitional Constraint .....	44
Obr. 26. Dialogové okno Drive Constraint .....	45
Obr. 27. Move Component .....	46
Obr. 28. Rotate Component .....	47
Obr. 29. Half Section View, Quarter Section View a Three Quarter Section View .....	48
Obr. 30. Work Plane .....	49
Obr. 31. Analyze Interference .....	51

Obr. 32. Zobrazení stupňů volnosti .....	52
Obr. 33. Browser Bar .....	53
Obr. 34. Modeling a Position View .....	54
Obr. 35. Vkládání normalizovaných součástí .....	55