

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Tvorba knihovny modelů pro layouty výrobních systémů

Autor: **Tomáš Thürl**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří Polcar**

Akademický rok 2016/20017

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**Fakulta strojní**

**Akademický rok: 2016/2017**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

Jméno a příjmení: **Tomáš THŮRL**

Osobní číslo: **S16B0348P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**

Název tématu: **Tvorba knihovny modelů pro layouty výrobních systémů**

Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

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

1. Úvod
2. Přehled formátů modelů a převody mezi těmito formáty
3. Testování jednotlivých formátů na výkon v Unity3D a volba nejlepšího formátu
4. Tvorba základní knihovny modelů pro 3D layouty výrobních systémů
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **0 výkresů**  
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **BENEŠ, SOCHOR, FELKEL, ŽÁRA.** *Moderní počítačová grafika.* Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0454-0
2. **BUREŠ, M., ŠRAJER, V., GÖRNER, T.** *Projektování výrobních systémů a DP.* 1. vyd. Plzeň: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-10-1
3. **KOPEČEK, P., MALAGA, M.** *Plánování a řízení výroby a DP.* 1. vyd. Plzeň: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-14-9

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Polcar**  
Regionální technologický institut

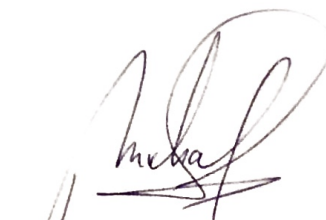
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Herzer**  
Formy Tachov s. r. o.

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2016

### **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Jirímu Polcarovi za pomoc a odborné vedení při vypracování této práce. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za jejich podporu.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Thürl	Jméno Tomáš	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301 – Průmyslové inženýrství a management		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Polcar	Jméno Jiří	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b><del>DIPLOMOVÁ</del></b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se <b>škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Tvorba knihovny modelů pro layouty výrobních systémů		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	74	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	36	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku formátů 3D modelů a jejich náročnost na výpočetní výkon při použití v layoutování výrobních procesů. První část práce představuje layoutování a 3D modely obecně. Následně je u jednotlivých 3D formátů testována jejich náročnost na výpočetní výkon. Poslední část této práce se věnuje tvorbě základní knihovny modelů pro layouty výrobních systémů.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p style="text-align: center;">Layouty výrobních systémů, 3D modely, benchmarking, knihovna modelů, Unity 3D</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Thürl	Name Tomáš	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 – Průmyslové inženýrství a management		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Polcar	Name Jiří	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Building a database of models for production process layouts		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2017
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	74	<b>TEXT PART</b>	36	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>This bachelor's thesis is focused on problematics of 3D models and their performance requirements when used in manufacturing process layouting. The first part of the thesis introduces layouting and 3D models in general, this is followed by computational performance testing of the 3D models. The last part of this thesis is devoted to a creation of an elementary model library for manufacturing process layouts.</p>
<b>KEY WORDS</b>	<p>manufacturing process layouting, 3D models, benchmarking, 3D models library, Unity 3D</p>

## Obsah

1. Úvod .....	11
2. Současný stav .....	11
2.1. Layouty výrobních systémů .....	11
2.2. Současná řešení pro layouty výrobních systémů.....	12
2.3. Unity 3D .....	13
2.4. Současné knihovny 3D modelů.....	15
3. Přehled 3D formátů .....	16
3.1. Formát DXF .....	16
3.2. Formát DWG.....	17
3.3. Formát SKP .....	18
3.4. Formát PLY.....	18
3.5. Formát OBJ .....	18
3.6. Formát BLEND .....	19
3.7. Formát 3DS .....	19
3.8. Formát FBX.....	20
4. Převody 3D objektů mezi softwary.....	20
4.1. Převody ze softwaru NX .....	21
4.1.1. Převody z NX do SketchUp .....	21
4.1.2. Převody z NX do Meshlab .....	21
4.1.3. Převody z NX do Blender .....	21
4.1.4. Převody z NX do CloudCompare.....	21
4.2. Převody ze softwaru SketchUp .....	23
4.2.1. Převody ze SketchUp do NX.....	23
4.2.2. Převody ze SketchUp do Meshlab.....	23
4.2.3. Převody ze SketchUp do Blender.....	23
4.2.4. Převody ze SketchUp do CloudCompare.....	23
4.3. Převody ze softwaru Blender .....	25
4.3.1. Převody z Blender do NX .....	25
4.3.2. Převody z Blender do SketchUp .....	25
4.3.3. Převody z Blender do Meshlab .....	25
4.3.4. Převody z Blender do CloudCompare.....	25
5. Prověření rozsahu kompatibility 3D formátů s Unity 3D .....	27
5.1. Tabulka kompatibility 3D formátů s Unity 3D .....	29
5.2. Částečná kompatibility formátů.....	30



6. Benchmark.....	32
6.1. Co je to benchmark.....	32
6.2. Důvody měření.....	32
6.3. Popis metody benchmarku .....	32
6.4. Příprava benchmarku.....	32
7. Výsledky benchmarku.....	34
8. Knihovna 3D modelů .....	36
9. Závěr.....	47
10. Citovaná literatura .....	48

## **Použité zkratky**

3D – 3D je zkratka pojmu trojdimenzionální, v této práci se tato zkratka odvolává na trojdimenzionální modely a programy, které tyto modely vytvářejí

2D – 2D je zkratka pojmu dvoudimenzionální

PLM – Anglická zkratka pro Product Lifecycle Management, česky Řízení životního cyklu výrobku

ASCII – je anglická zkratka pro American Standard Code for Information Interchange, česky “americký standardní kód pro výměnu informací“. V podstatě jde o kódovou tabulku, která definuje znaky anglické abecedy spolu s jinými znaky používanými v informatice.

CAD – computer-aided design, neboli počítačem podporované projektování

FPS – frames per second, česky počet snímků za sekundu. Jedná se o jednotku využívanou pro výkonnostní testování počítačů.

## 1. Úvod

Moderní doba klade vysoké nároky na konkurenceschopnost výrobního podniku. Podnik musí být schopen uspokojit požadavky zákazníka na kvalitu, cenu a dobu dodání produktu. Cenu, respektive náklady na výrobu a její časovou náročnost lze ovlivnit uspořádáním výrobního prostoru. Výrobním prostorem se rozumí část podniku, kde dochází k produkci výrobků. Nesprávná práce s výrobním prostorem v průmyslovém podniku generuje přebytečné či nesprávné materiálové, personální a informační toky, což má za příčinu časové a finanční ztráty. K prevenci těchto ztrát a k optimalizaci výrobních procesů se využívají layouty výrobních systémů. Klíčem k dobře uspořádanému prostoru je správné sjednocení lidských, materiálových a výrobních potřeb v jeden dobře fungující systém. [1], [2]

## 2. Současný stav

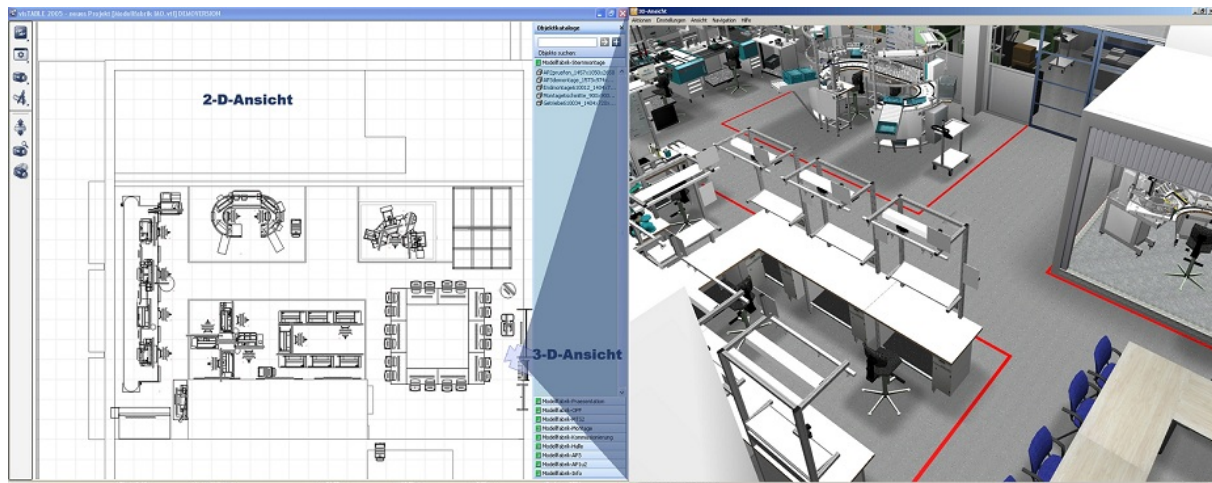
Tato kapitola je analýzou současného stavu a postupně se věnuje obecně layoutům výrobních systémů, jejich tvorbě a nástrojům k tomu určeným. Dále kapitola přechází k 3D modelům. Nejprve je představeno vývojové prostředí Unity 3D a poté jsou rozebrány jednotlivé knihovny 3D modelů, které jsou v současné době dostupné. Tyto knihovny nejsou nijak konkrétně orientované, ale obsahují široké spektrum modelů a lze v nich nalézt modely vhodné pro tvorbu layoutů výrobních systémů.

### 2.1. Layouty výrobních systémů

#### Obecný popis

Layouty výrobních systémů jsou 2D a 3D počítačové simulace výrobního prostoru, které obsahují materiálové a personální toky. Tyto simulace lze využít k ověření současného stavu výrobního prostoru a nebo k návrhu nového prostorového řešení v případě zavádění další výroby. Velkou výhodou těchto počítačových simulací je snadná změna uspořádání virtuální výroby s okamžitým vyhodnocením dopadu dané změny na efektivitu výrobního procesu. V případě vyhodnocování již existujícího uspořádání výroby lze snadno ověřit, zda je zastavěná plocha výrobního prostoru využívána efektivně, zda je výrobní prostor schopen unést navýšení kapacity výroby a nebo lze ověřit správnost uspořádání jednotlivých pracovišť ve výrobním prostoru. [1], [2]

Pomocí layoutů výrobních systémů lze také identifikovat úzká místa výroby. Úzkým místem výroby se rozumí část výrobního procesu, ve které dojde z výraznému zpomalení procesu, či dokonce zastavení výroby. Například z důvodu nedostatečné výrobní kapacity, špatné polohy výrobního místa nebo nedostatečného personálního zajištění. Odhalení existence úzkého místa výroby je klíčovým krokem k zvýšení efektivity výroby. Dané úzké místo se dá buď to plně odstranit a nebo se zbylé výrobní kroky přizpůsobí průtoku materiálu úzkým místem. [1], [2]



Obr. 1 - Ukázka 2D a 3D layout výrobního systému v programu VisTABLE [34]

## Postup zavádění layoutů výrobních procesů

Nejčastějšími důvody vedoucí k potřebě tvorby počítačové simulace výroby bývá zavádění nové výroby či změna v dosavadním výrobním plánu podniku. Jak již bylo řečeno, nasazením 3D vizualizace respektující potřeby a toky výroby se lze vyhnout rizikům a finančním ztrátám. [1], [2]

### Hledání nejvýhodnějšího uspořádání probíhá v následujících krocích:

- Analýza současného stavu uspořádání a výrobního postupu
- Tvorba modelu současného řešení s materiálovými toky
- Návrh nových variant prostorového uspořádání
- Výběr nejvýhodnějšího výrobního uspořádání

### Cíle zavádění layoutů výrobních procesů

Cíle jednotlivých aplikací layoutů se mohou lišit, avšak vždy se hledá řešení, které kombinuje nejmenší časovou náročnost výroby, velikost zastavěné plochy a výrobní náklady. [1], [2]

## 2.2. Současná řešení pro layouty výrobních systémů

V současnosti je na trhu dostupných několik softwarů ať už přímo nebo nepřímo vhodných na tvorbu layoutů výrobních prostorů. Seznam a stručný popis těchto nástrojů následuje.

### Dassault Systèmes Delmia

Delmia je název nástroje od francouzské společnosti Dassault Systèmes, který umožňuje realizovat koncept PLM (Product Lifecycle Management), to znamená virtuálně plánovat a simulovat výrobu, modelovat jednotlivé pracovní linky a robotizovaná pracoviště. Díky této předběžné simulaci pracovních úkonů umožňuje Delmia dosáhnout vysoké efektivity výroby při nejnižších možných nákladech. Tento nástroj také obsahuje platformu pro spolupráci všech účastníků, kteří se podílejí na realizaci výrobku. [11], [12]

Nástroj Delmia obsahuje modelovací nástroj na bázi systému CATIA a Plant Layout Designer, což je nástroj umožňující rozestavení jednotlivých CAD modelů do výrobního layoutu. V tomto layoutu je možné definovat a zobrazit materiálové toky. [11], [12]

## **Siemens Tecnomatix**

Jak již název napovídá, Tecnomatix je nástroj od společnosti Siemens na plánování výrobních strategií. Jedná se o přímého konkurenta systému Delmia s podobným nástrojovým vybavením. Modelovací část systému Tecnomatix je založena na bázi systému NX a část na tvorbu výrobních layoutů se nazývá FactoryCAD. Nástavbou na FactoryCAD je prvek FactoryFLOW, který zobrazí do vytvořeného layoutu materiálové toky. [11], [13]

## **Autodesk Factory Design Suite**

Od roku 2013 je součástí produktové řady firmy Autodesk nástroj Factory Design Suite, který je určený pro efektivní navrhování výrobních hal, jejich linek, skladů a kancelářských prostorů. Autodesk Factory Design Suite obsahuje obsáhlou knihovnu výrobních jednotek, jejichž vlastnosti se snadno mění pomocí parametrů. V případě nevyhovujícího rozsahu knihovny modelů je možné importovat model z programu AutoCAD. [11], [14]

Autodesk Factory Design Suite není primárně určen k tvorbě výrobních layoutů, ale k tvorbě komplexních layoutů staveb, produktů apod. [11], [14]

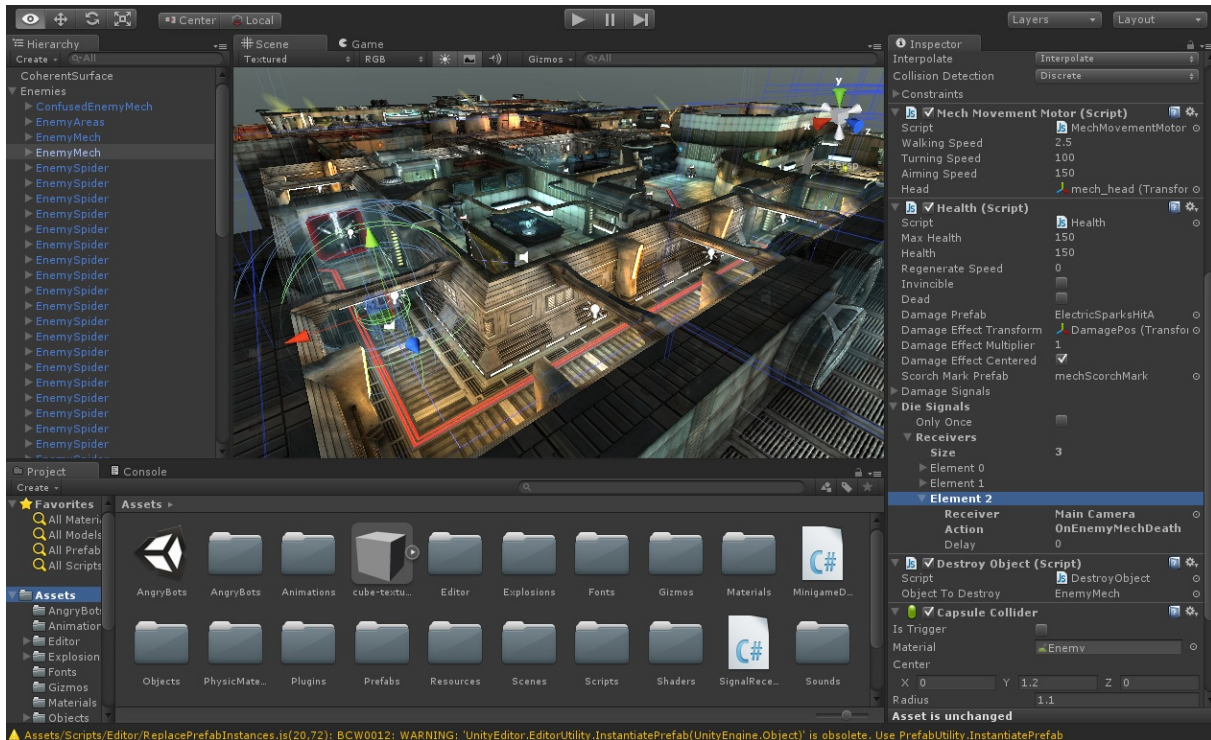
## **VisTABLE**

VisTABLE je specializovaným nástrojem pro tvorbu layoutů výrobních systémů, který je charakteristickým svým snadným ovládním a vysokou výkonností. Silné stránky tohoto nástroje jsou v podpoře interaktivního návrhu dispozičního řešení, ve vytváření analýz materiálových toků, v přezkoumání minimálních vzdáleností a v celkovém vyhodnocení vhodnosti daného layoutu. Tento nástroj disponuje 2D i 3D rozhraním. Ve 2D části programu probíhají veškeré návrhy a 3D část je pouze vizualizační. [11]

## **2.3.Unity 3D**

### **Obecný popis**

Unity 3D je nástrojem pro tvorbu počítačových her a virtuální reality. V prostředí Unity 3D lze vytvořit interaktivní aplikace pro webové pluginy, mobilní operační systémy, konzole a desktopové operační systémy. První verze vznikla v roce 2005 a podporovala pouze operační systém Mac OS, ale později se z Unity 3D stala multiplatformní aplikace, kterou lze používat na operačních systémech Mac OS, Windows i na různých distribucích Linuxu. Vývojové prostředí Unity umožňuje vkládat jednotlivé prvky pomocí JavaScriptu, C# a Boo. [3], [4]



Obr. 2 - Ukázka vývojového prostředí UNITY 3D[35]

## Podporované platformy

Jak již bylo řečeno, Unity 3D je multiplatformní vývojové prostředí, ve kterém je možno tvořit aplikace pro následující platformy: [4], [5]

### Desktopové operační systémy:

- Windows
- Mac OS
- Linux

### Mobilní operační systémy:

- Android
- iOS
- Windows Phone
- BlackBerry 10

### Herní konzole:

- Xbox One
- Xbox 360
- Playstation 3
- Playstation 4
- Playstation Vita
- Nintendo Wii

## Fyzika

K přesvědčivému fyzikálnímu chování objektů je potřeba, aby objekt reagoval správně na působení vnějších sil. Zabudovaný fyzikální engine v Unity výrazně zjednodušuje práci s nastavováním fyzikálních vlastností objektů. Nastavením několika parametrů lze snadno zajistit realistické pasivní chování objektů. Aktivní, dynamické vlastnosti objektu se nastavují skriptováním. Unity 3D podporuje výpočet animací, simulací a kolizí předmětů v reálném čase. Dále také Unity 3D obsahuje vestavěnou podporu PhysX od společnosti NVIDIA, což je herní engine, který umožňuje k výpočtům fyziky použít grafickou kartu na místo běžně využívaného procesoru. Díky tomu lze zajistit plynulejší chod aplikace a lepší vykreslování grafiky. [4], [6]

## Import 3D modelů

Do Unity 3D lze importovat různé 3D modely. Unity podporuje formáty ze aplikací 3ds Max, Autodesk Maya, Blender, Cinema 4D, Cheetah 3D a další. Jmenovitě se jedná o formáty .fbx, .dae, .3DS, .dxf a .obj. Jednotlivé formáty budou podrobněji rozebírány v dalších kapitolách této práce. [4], [7]

## Renderování

Pro renderování využívá Unity 3D několik různých enginů. Pro platformy Windows a Xbox je to Direct3D. Na platformách Mac, Linux a také Windows se využívá engine OpenGL. Pro mobilní platformy iOS a Android je k dispozici engine OpenGL ES. [4]

## Skriptování

Skriptování je v Unity 3D důležitým nástrojem. I v nejjednodušší hře, či interaktivní simulaci je potřeba skriptování, které zajišťuje odezvu na pokyny uživatele. Mimo to lze skriptování využít pro vytvoření grafických efektů, k nadefinování fyziky objektů a k implementování umělé inteligence. Ke skriptování Unity 3D využívá open source Framework Mono od firmy Novell. Framework Mono je kompatibilní s prostředím .NET, které zajišťuje multiplatformní vývoj a provoz. V prostředí Unity 3D lze využít UnityScript, jazyk založený na JavaScriptu, který má předprogramované skripty a usnadňuje tím vývoj aplikací. [4], [8]

## Ostatní prvky

Unity 3D obsahuje engine pro tvorbu terénu a prostředí s vestavěným globálním světlem a mapováním stínů. Dále obsahuje Unity Asset Server, nástroj pro správu herních prvků a skriptů pro vývojáře. [4], [9]

## Dostupné licence

Unity 3D je dostupné ve vícero licencích. Personální licence je zdarma, přičemž je ochuzena o některé prvky. Profesionální licence je placená a kategorizuje se dle využití Unity 3D. [10]

## 2.4. Současné knihovny 3D modelů

Následující kapitola pojednává o současné situaci na poli elektronických knihoven obsahující 3D modely. Jedná se jak o specializované knihovny zaměřené na určité odvětví a tak o obecné knihovny obsahující 3D modely věcí a strojů z různých odvětví.

### **SketchUp 3D Warehouse**

Jak již název napovídá, SketchUp 3D Warehouse je řešením postaveným pro 3D software SketchUp, který dříve patřil do širokého portfolia firmy Google, kde sloužil mimo jiné jako nástroj k rozšíření služby Google Earth. V současné době je řešení SketchUp a 3D warehouse ve správě firmy Trimble. 3D Warehouse je open-source knihovna, ve které jsou všechny modely zdarma a kdokoliv je může stahovat, upravovat a znovu nahrávat. K dispozici jsou modely ve formátu SKP. [15]

### **GrabCAD**

GrabCAD je digitální knihovna 3D modelů provozována firmou Stratasys, což je leader v oblasti 3D tisku. Primární určení této knihovny je v cloudovém sdílení CAD souborů pro rychlejší spolupráci kooperujících týmů. Součástí služby GrabCAD je i silná komunita uživatelů a návody na 3D modelování. Modely jsou k dispozici zdarma a v různých formátech. [16]

### **3D Content Central**

3D Content Central je online knihovna 3D modelů, která je plně integrována do softwaru SOLIDWORKS. Většina jejího obsahu byla vytvořena výrobcí běžně používaných prvků pro jednoduché zakomponování právě těchto nakupovaných prvků do rozsáhlejších 3D modelů. Tato knihovna je spravována společností Dassault Systems, mateřskou společností SOLIDWORKS. Modely jsou zdarma, přístupné po snadné registraci. [17], [18]

### **TurboSquid**

TurboSquid je název společnosti zabývající se prodejem 3D modelů. Jejich modely se objevují ve hrách, vizuálních efektech, reklamách apod. Nejedná se o nijak konkretizovanou knihovnu, ale obsahově je velice rozsáhlá. Modely jsou dostupné za úplaty v různých 3D formátech. [19]

## **3. Přehled 3D formátů**

V následující kapitole budou představeny a popsány 3D formáty vhodné k importu a zpracování ve vývojovém prostředí UNITY 3D.

### **3.1. Formát DXF**

#### **Obecný popis formátu DXF**

DXF je vektorový grafický formát, který představila firma AutoDesk pro její pilotní aplikaci Autodesk. V dnešní době se jedná o jeden z nerozšířenějších formátů pro CAD systémy. Formát DXF podporuje většina běžných CAD systémů, ať už přímo a nebo formou interně spouštěných konvertorů. Do souboru typu DXF je možno ukládat jak informace o 2D výkresech pomocí vektorů, tak i informace o 3D scénách popsanych trojúhelníkovými a čtyřúhelníkovými ploškami, parametrickými plochami či pomocí množinových operací. [20]

Vektorová data se v DXF formátu ukládají textové a nebo binární formy. V případě uložení do textové formy mají soubory strukturovaný ASCII formát, který je čitelný jak člověkem, tak počítačem. V případě uložení do méně časté binární podoby jsou soubory kratší a konkrétnější, díky tomu se načítají rychleji a mají menší velikost. [20]



### **Přednosti formátu DXF**

Jednou z největších předností formátu DXF je jeho rozšířenost a možnost importu nejen do CAD a CAM aplikací, ale například i do mnoha grafických editorů (například CorelDraw), do programů Microsoft Office a v neposlední řadě do modelovacích programů jako je například Maya od firmy AutoDesk. Další z významných předností tohoto formátu je jednoduchá vnitřní struktura. Díky tomu lze grafické entity v DXF souboru snadno a rychle jak vytvářet, tak i načítat. [20]

### **Zápory formátu DXF**

Zápory toho formátu plynou ze složitosti specifikování textury povrchu u 3D těles a to včetně optických vlastností povrchu, jako je například průhlednost. Kvůli tomu většina aplikací v tomto formátu ukládá pouze základní geometrické vlastnosti těles. Při práci s 2D výkresy se tyto problémy neobjevují. [20]

Dalším záporem tohoto formátu je objem výsledného souboru, což je způsobeno obsáhlým způsobem popisu jednotlivých entit, protože každý atribut, například barva nebo číslo hladiny, je zapsán na novém řádku vlastním číselným kódem. [20]

## **3.2. Formát DWG**

### **Obecný popis DWG formátu**

DWG je uzavřený binární formát používaný k ukládání 2D a 3D výkresů patentovaný firmou Autodesk. Jedná se o nativní formát pro aplikaci AutoCAD. Do DWG souboru lze uložit vektorové entity, mapy, geografické informace a fotografie. V zásadě veškeré informace, které je schopen uživatel vložit do CAD softwaru lze zapsat do DWG formátu. Jelikož se jedná o formát, který byl vyvinut a patentován firmou Autodesk, mohlo by se zdát, že je tento formát výhradně určen pro aplikaci AutoCAD. Opak je pravdou, DWG formát se dnes používá napříč CAD softwary a to v mnoha odvětvích. Od architektury přes strojní inženýrství až po virtuální realitu. [21], [22]

### **Přednosti formátu DWG**

Velkou výhodou DWG formátu je oproti bratrskému formátu DXF výsledná velikost souboru. Tato výhoda má svůj původ v binární struktuře DWG formátu. To znamená, že se informace při zápisu do tohoto formátu zapisují ve formě jedniček a nul. Tato optimalizovaná forma zápisu dat činí DWG formát vhodným k rychlému sdílení projektů. [21], [22]

### **Zápory formátu DWG**

Pokud zůstaneme u komparace s formátem DXF, tak formát DWG ztrácí na poli kompatibility mimo rodinu programů firmy Autodesk. Jako další nevýhoda formátu DWG by se dal označit jeho vývoj. S tím, jak se CAD systémy vyvíjí se vyvíjí i DWG formát, což má za příčinu zpětnou nekompatibilitu jednotlivých verzí DWG formátu. [21], [22]

### **3.3. Formát SKP**

#### **Obecný popis formátu SKP**

SKP je 3D formát pro software SketchUp. V současné době nejsou k dispozici žádné veřejné informace o tomto formátu. Jedná se ale o podporovaný formát vývojovým prostředím UNITY 3D a tak bude podroben dalšímu zkoumání.

#### **Přednosti formátu SKP**

Výrazné přednosti formátu SKP nebyly zjištěny.

#### **Zápory formátu SKP**

Výrazné zápory formátu SKP nebyly zjištěny.

### **3.4. Formát PLY**

#### **Obecný popis formátu PLY**

Formát PLY umožňuje uložit 3D objekty popsané souborem polygonů. Původně byl tento formát určen k ukládání dat z 3D scannerů. Cílem jeho vývoje bylo vytvořit formát, jenž se bude snadno implementovat a zároveň bude dostatečně obecný pro široké využití při ukládání 3D modelů. Tento formát může mít ASCII a nebo binární formu a je vhodný pro převody objektů mezi programy. [23], [24]

#### **Přednosti formátu PLY**

Velkou výhodou PLY formátu je jeho přehlednost. PLY formát popisuje objekt jako soubor vrcholů a ploch, spolu s vlastnostmi jako je barva, průhlednost a orientace. Soubor PLY obsahuje vždy informace o jednom objektu. [23], [24]

#### **Zápory formátu PLY**

Záporem tohoto formátu je absence popisu scény. Tento formát je určený pouze k popisu jednotlivých 3D objektů a v omezeném množství i jejich vlastností, ale informace o celé 3D scéně - o světle, stínech apod., není tento formát schopen reprezentovat. [23], [24]

### **3.5. Formát OBJ**

#### **Obecný popis formátu OBJ**

Formát OBJ byl vyvinut společností Wavefront jako speciální formát pro jejich 3D vizualizační nástroj. Jedná se o otevřený ASCII formát, který se později začal využívat i v jiných 3D softwarech. OBJ je jednoduchý 3D formát, který dovoluje popis objektů jak pomocí polygonů (body, úsečky, plochy) tak i pomocí nahodilých tvarů (křivky, hladiny). Občas se lze setkat také s binární verzí tohoto formátu s koncovkou MOD, tato verze není tak rozšířená a jedinou její výhodou je menší velikost souborů. [25]

#### **Přednosti formátu OBJ**

Formát OBJ je jedním z nejoblíbenějších formátů pro převod objektů mezi 3D softwary. Je podporován většinou 3D softwarů a bez problémů přenáší tvary, měřítko, barvy a to bez jakékoliv komprese. [26]

### **Zápory formátu OBJ**

Tento formát je určen pouze pro popis 3D objektu. Nepodporuje animaci objektu, jeho pohybovou kostru, objektovou hierarchii a ani primitivní 3D tvary jako koule nebo čtverce. [26], [27]

## **3.6. Formát BLEND**

### **Obecný popis formátu BLEND**

Formát BLEND byl vytvořen pro software Blender. Blender je 3D software pocházející z Holandska, který je zdarma distribuován pod open-source licencí. Tento formát není definovaný žádným standardem, takže se informace o jeho vlastnostech nezískávají snadno. Z dostupných zdrojů se podařilo zajistit následující fakta. Každý soubor BLEND formátů obsahuje databázi, ve které jsou obsaženy informace o scénách, objektech, sítích a texturách. Dále tento formát podporuje kompresi, digitální podpisy a zakódování. Jedná se o formát s různými verzemi, které jsou zpětně i dopředně kompatibilní. [28], [29]

### **Přednosti formátu BLEND**

Výrazné přednosti formátu BLEND nebyly zjištěny.

### **Zápory formátu BLEND**

Výrazné zápory formátu BLEND nebyly zjištěny.

## **3.7. Formát 3DS**

### **Obecný popis formátu 3DS**

3DS je jedním z formátů používaných nástrojem Autodesk 3ds Max pro modelování, animace a renderování. Vznik tohoto formátu se datuje do roku 1990, kdy přišel na trh spolu s nástrojem Autodesk 3D Studio DOS a od té doby se stal de facto standardem pro přenášení 3D modelů mezi 3D softwary a nebo jako uložení modelů pro 3D katalogy. Jedná se o binární formát. [30], [31]

### **Přednosti formátu 3DS**

Předností formátu 3DS je jeho kompatibilita s mnoha 3D softwary. [30]

### **Zápory formátu 3DS**

Veškeré povrchové sítě 3D objektu se ve formátu 3DS ukládají pomocí trojúhelníků, což je limitující v případě modelování oblých tvarů. Současně je ve formátu 3DS limitován počet vrcholů a polygonů v síti na 65536. Názvy objektů, zdrojů světla a kamer jsou také limitovány. Jejich názvy nesmějí mít více než 10 znaků. [30], [31]

### 3.8. Formát FBX

#### Obecný popis formátu FBX

FBX je populární 3D formát, který byl původně představen pro software MotionBuilder firmou Kaydara. Později tento formát převzala firma Autodesk. V současné době se jedná o hojně využívaný a oblíbený formát pro převody 3D objektů mezi programy. Tento formát má opět binární i ASCII formu. [32]

#### Přednosti formátu FBX

Velkou předností FBX formátu je jeho schopnost přenést informaci nejen o geometrii a materiálu, ale také o animaci objektu. [33]

#### Zápory formátu FBX

Výrazné zápory formátu FBX nebyly zjištěny.

## 4. Převody 3D objektů mezi softwary

V této kapitole bude zkoumáno převádění objektu mezi 3D softwary za použití výše zmíněných formátů. Předmětem zkoumání bude přenos rozměru a barvy objektu. V případě nezachování rozměrů bude ověřeno zachování měřítka.

Převody budou zkoumány mezi následujícími 3D softwary: NX, SketchUp, Meshlab, Blender a CloudCompare. V softwarech NX, SketchUp a Blender byly vytvořeny dva referenční modely. Krychle o straně 25 cm a koule s totožným průměrem. Softwary Meshlab a CloudCompare nejsou určeny k modelování 3D objektů, ale ke zpracování bodových mračen, proto budou tyto softwary testovány pouze na import referenčních objektů v testovaných formátech.

Pro rychlejší orientaci v těchto převodech byly vytvořeny diagramy zobrazující možnosti převodů 3D objektů, které reprezentují jak jednotlivé možnosti převodů, tak přenos informací o rozměru a barvě objektu. U každé převodové cesty je znázorněno jakou informaci si model při převodu přenesl. Tyto informace jsou v diagramech rozlišeny pomocí následujících zkratk:

- **M** – Měřítka – V tomto případě si model přenesl pouze informaci o měřítku mezi jednotlivými kótami. Informaci o přesném rozměru ztrácí.
- **B** – Barva – V tomto případě si model při převodu mezi softwary uchová informaci o barvě.
- **R** – Rozměr – Posledním zkoumaným atributem je přesný rozměr modelu. Převodová cesta, která dokáže přenést informaci o přesném rozměru je označena písmenem R.

## **4.1. Převody ze softwaru NX**

Software NX umožňuje export do formátů PLY, DWG a DXF. Tyto formáty jsou vhodnými pro přenos informací do jiných 3D softwarů. Nativní NX formát PRT není pro převody vhodný, protože jej žádné jiné softwary nepodporují.

### **4.1.1. Převody z NX do SketchUp**

Formát PLY není se softwarem SketchUp kompatibilní a proto jej nelze použít pro tento převod. Zbylé dva formáty DWG a DXF jsou softwarem SketchUp podporovány a proto je lze pro tento převod využít. Dochází však k nepřesné reprezentaci převáděného modelu, kdy hlavní komplikaci tvoří kulové plochy.

V případě importu krychle o straně 25 cm vymodelované v softwaru NX do softwaru SketchUp se krychle naimportuje pouze jako drátěný model. Model tedy přijde o své plochy, což má za příčinu i ztrátu barvy povrchu. Plochy je však možno jednoduše doplnit, protože tento formát lze v prostředí SketchUp editovat. Rozměry při importu zachovány nezůstaly, hrana krychle v prostředí SketchUp měří 250 m. Model byl tedy 1000x zvětšen.

V případě importu koule s průměrem 25 cm vymodelované v softwaru NX do softwaru SketchUp nastane jiná situace. SketchUp hlásí, že bude importován jeden bod a jedna kružnice, ale výsledkem importu je pouze bod a neviditelný čtverec o hraně 250 m. To může být způsobeno zmatečnou tvorbou koule v prostředí SketchUp, kde je potřeba nejprve definovat kruh a půlkruh ležící v navzájem kolmých rovinách a až poté lze vytvořit kouli.

### **4.1.2. Převody z NX do Meshlab**

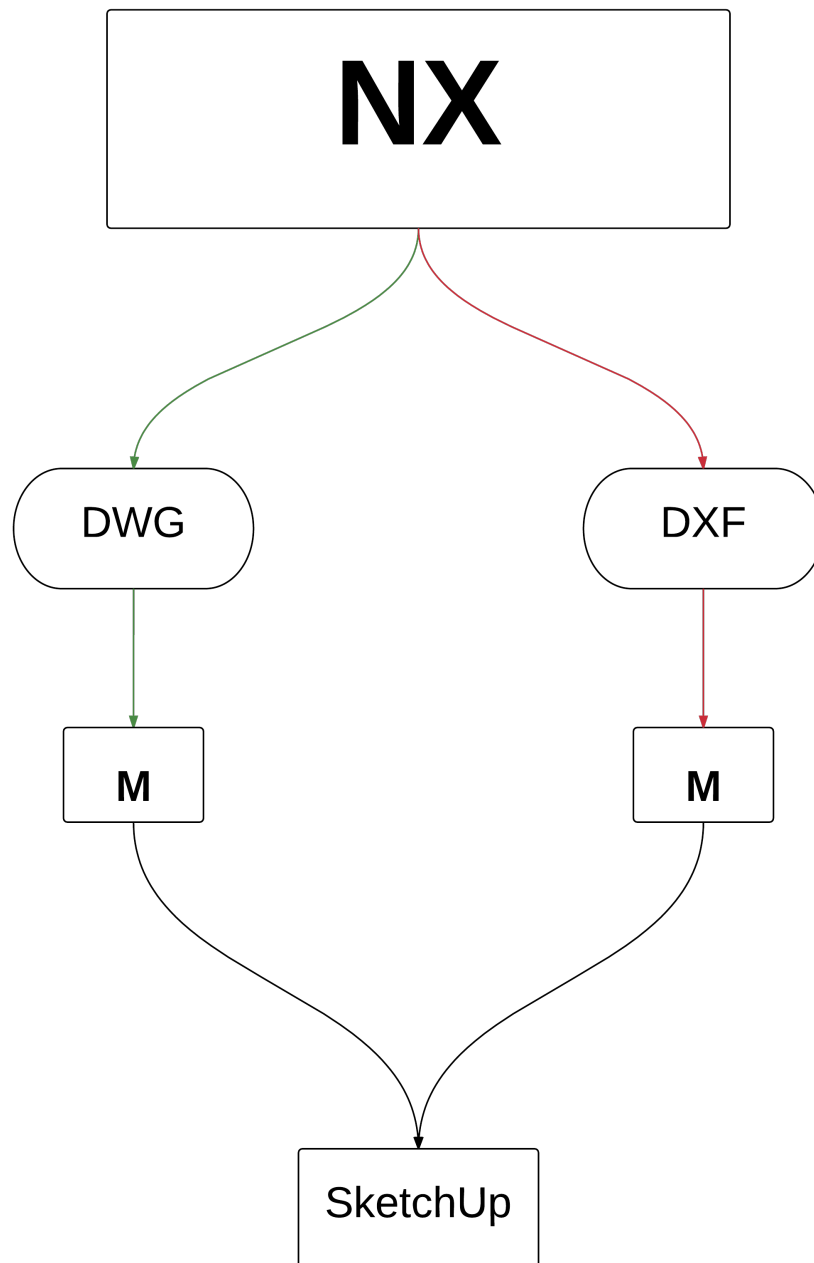
Formáty DWG a DXF nejsou softwarem Meshlab podporované. Formát PLY je softwarem Meshlab podporován, avšak s modely vytvořenými v NX si nerozumí. Při pokusu o import takového modelu do prostředí Meshlabu se zobrazí chybové hlášení, ze kterého vyplývá, že Meshlab nerozumí formě zápisu informací do hlavičky PLY souboru, který byl vyexportován ze softwaru NX.

### **4.1.3. Převody z NX do Blender**

Při pokus o převod 3D modelů mezi softwary NX a Blender nastává stejná situace jako v případě softwaru Meshlab. Formáty DWG a DXF nejsou podporované a u formátu PLY dochází k zobrazení chybového hlášení.

### **4.1.4. Převody z NX do CloudCompare**

U softwaru CloudCompare je průběh shodný s předchozími. Formáty DWG a DXF nejsou podporovány a model ve formátu PLY nejde importovat do scény. Zde se také objeví chybová hláška odkazující na nečitelnou/chybějící hlavičku souboru.



Obr. 3 - Diagram převodů ze softwaru NX

## 4.2. Převody ze softwaru SketchUp

Software SketchUp je o něco bohatší na formáty, do kterých lze 3D objekty exportovat. Kromě jemu nativnímu formátu SKP umožňuje SketchUp export do následujících formátů: 3DS, DAE, FBX, OBJ. SketchUp podporuje ještě další formáty, nicméně tyto formáty nejsou vhodné pro převody 3D objektů do jiných softwarů.

### 4.2.1. Převody ze SketchUp do NX

Jediným podporovaným formátem pro převod 3D modelů ze softwaru SketchUp do softwaru NX je formát OBJ. Při převodu za pomoci tohoto formátu jsou modely tvořeny pomocí čtyřúhelníkové sítě. Při importu model přijde o svou barvu a rozměry. Model se v NX zobrazuje jako zmenšený, krychle o původním rozměru  $a=25$  cm je v prostředí NX zmenšena na  $a=1,8$  mm.

Formáty 3DS, DAE a FBX nejsou softwarem NX podporovány.

### 4.2.2. Převody ze SketchUp do Meshlab

Bylo zjištěno, že nejvhodnějšími formáty pro převod mezi softwary SketchUp a Meshlab jsou formáty 3DS a OBJ. Pomocí těchto formátů se model do Meshlabu převede bez problémů. Model se zobrazí jako trojúhelníková síť a zachová si barvu i rozměry. V případě importu referenční koule se model zobrazí jako aproximovaná koule, která je tvořena opět trojúhelníkovou sítí.

Formát DAE je softwarem Meshlab defaultně podporován, ale v případě pokusu o převod modelu pomocí formátu DAE je zobrazeno nespecifikované chybové hlášení a k samotnému importu modelu nedojde. Formát FBX není softwarem Meshlab podporován.

### 4.2.3. Převody ze SketchUp do Blender

Pro převody modelů mezi softwary SketchUp a Blender jsou vhodné formáty 3DS, DAE a OBJ. Všechny tyto formáty dokáží přenést model, který je tvořený trojúhelníkovou sítí a má původní rozměry i barvu. Modely importované v těchto formátech se v softwaru Blender snadno editují.

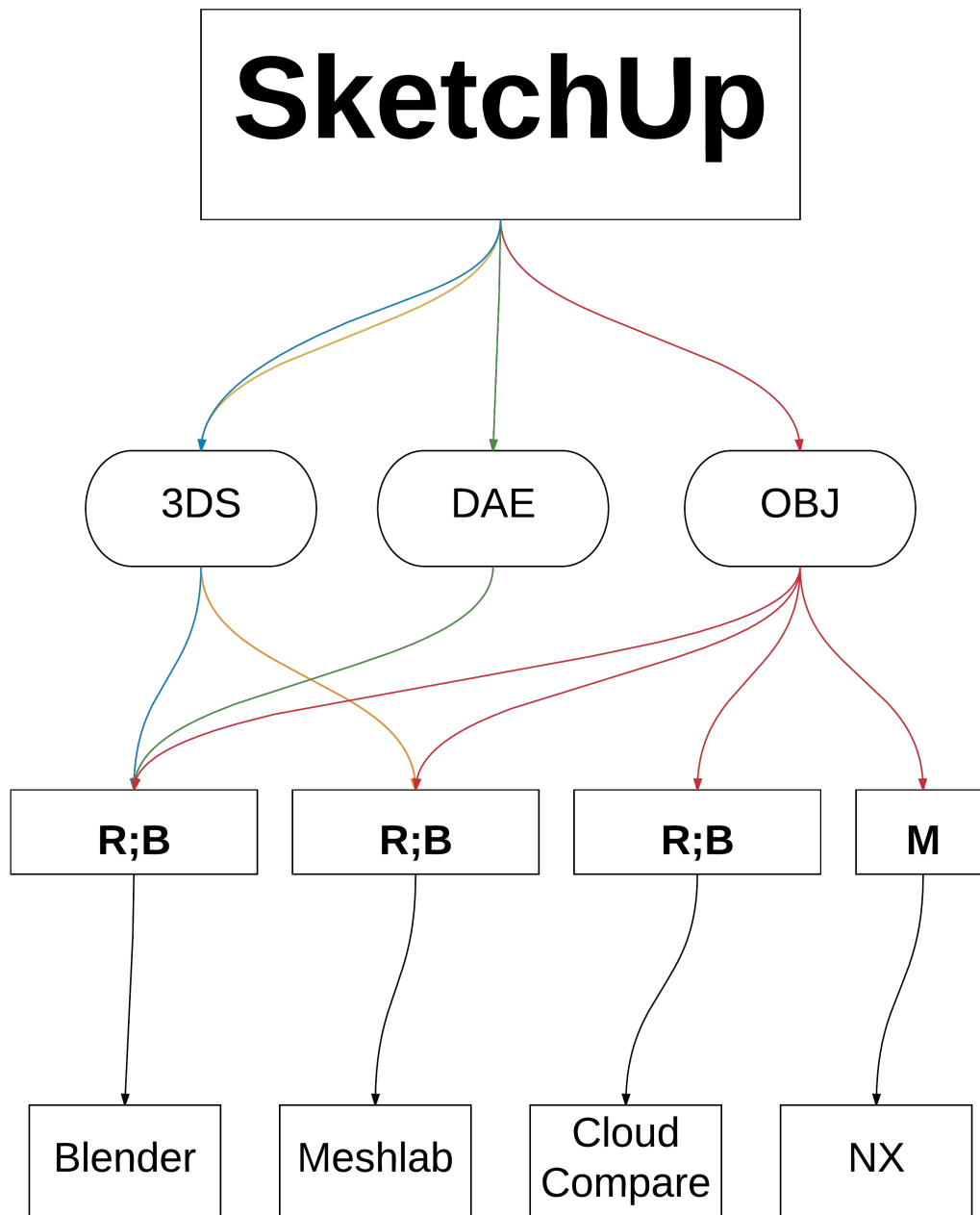
Soubor pocházející ze SketchUpu, který byl exportován do formátu FBX, nedokáže Blender zobrazit. Proces importování selže a děje se tak bez jakéhokoliv chybového hlášení.

### 4.2.4. Převody ze SketchUp do CloudCompare

Jediným formát, který je možné využít pro převedení 3D modelu ze softwaru SketchUp do softwaru CloudCompare je formát OBJ. Při převodu pomocí tohoto formátu si model zachová rozměr i barvu.

Formát FBX je defaultně softwarem CloudCompare podporován, ale při importu FBX souboru je zobrazena blíže nespecifikované chybové hlášení a k samotnému importu již nedojde.

Formáty 3DS a DAE nejsou softwarem CloudCompare podporovány.



Obr. 4 – Diagram převodů ze softwaru SketchUp



### **4.3. Převody ze softwaru Blender**

Blender je univerzálním nástrojem pro 3D modelování. Podporuje import a export velkého množství 3D formátů. Na rozdíl od SketchUpu je i jeho nativní formát BLEND kompatibilní s jinými softwary. Přesto se ale nejedná o formát vhodný k převádění 3D objektů a pro testování převodů objektů ze softwaru Blender byla použita sestava stejných formátů jako v případě výše zmiňovaného SketchUpu. Tato sestava byla ještě obohacena o formát PLY, který je Blenderem podporován.

#### **4.3.1. Převody z Blender do NX**

Jediným formátem, pomocí kterého lze převádět modely mezi softwary Blender a NX je formát OBJ. Při importu objektu ve formátu OBJ se referenční objekty zobrazí pomocí čtyřúhelníkové sítě. Měřítko zůstane zachováno, barva nikoliv.

Formáty 3DS, DAE, FBX a PLY nejsou softwarem NX podporovány.

#### **4.3.2. Převody z Blender do SketchUp**

V případě importu 3DS souboru pocházejícího ze softwaru Blender do softwaru SketchUp se model zobrazí pomocí trojúhelníkové sítě. U modelu zůstane zachována pouze barva, rozměr se nepřenese. Po zrušení skupiny objektu lze jeho jednotlivé plochy, hrany a body samostatně editovat.

Dalším vhodným formátem pro tento převod je formát DAE. Zvláště při přenosu modelu krychle, kdy se v softwaru SketchUp krychle zobrazila pomocí čtyřúhelníkové sítě. Konkrétně pomocí 6 ploch a 12 hran, kdy byl tento model plně kompatibilní s editačními nástroji SketchUpu. Model si při tomto převodu zachoval barvu i rozměry.

Zbývající formáty FBX, OBJ a PLY nejsou softwarem SketchUp podporovány.

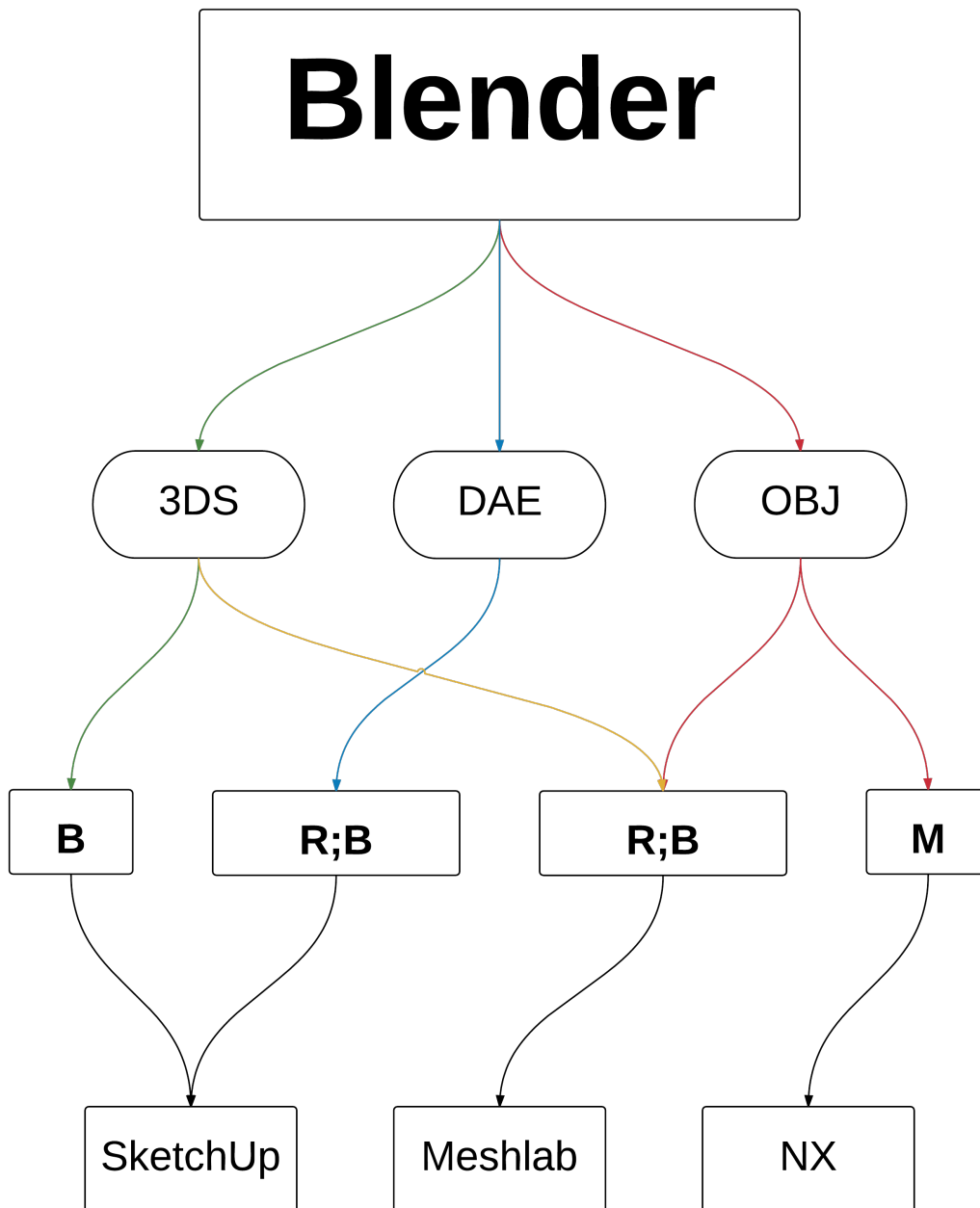
#### **4.3.3. Převody z Blender do Meshlab**

Pro převod 3D modelů mezi softwary Blender a Meshlab jsou vhodné formáty 3DS, OBJ a PLY. Každý z těchto formátů se chová stejně. Model se vždy zobrazí pomocí trojúhelníkové sítě, přičemž si zachová svou barvu i rozměr.

Neúspěšné jsou pokusy o import formátů DAE a FBX. Při importu referenčního modelu pomocí formátu DAE software Meshlab zobrazí blíže nespecifikované chybové hlášení a import souboru selže a formát FBX není softwarem Meshlab podporován.

#### **4.3.4. Převody z Blender do CloudCompare**

Jediným formátem, pomocí kterého je možno přenést 3D model ze softwaru Blender do softwaru CloudCompare je formát OBJ. Při importu modelu pomocí formátu PLY dochází k neznámé chybě, která přeruší proces importu. Zbývající formáty – 3DS, DAE, FBX a OBJ nejsou softwarem Cloud Compare podporovány.



Obr. 5 – Diagram převodů ze softwaru Blender

## 5. Prověření rozsahu kompatibility 3D formátů s Unity 3D

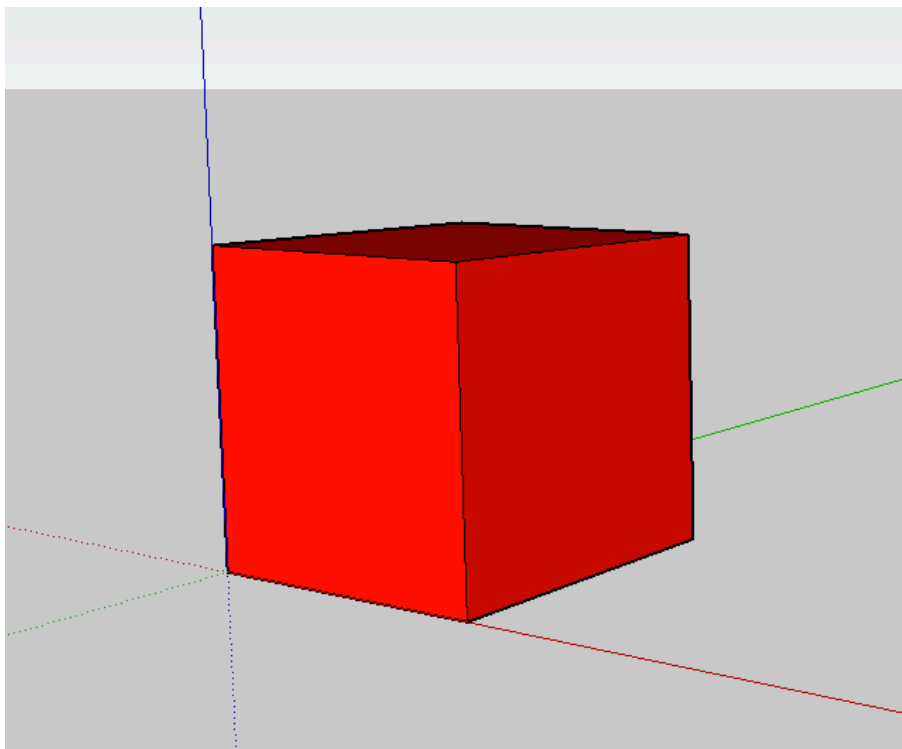
V této kapitole bude zkoumána kompatibilita jednotlivých 3D formátů s vývojovým prostředím Unity 3D. Pro tento účel byly pomocí softwaru NX a SketchUp vytvořeny referenční modely, které byly vyexportovány do testovaných 3D formátů. Při ověřování kompatibility bude kladen důraz za zachování rozměru a barvy modelu. Zároveň bude také ověřena orientace souřadného systému modelu.

Pomocí softwaru NX byl vytvořen referenční model v podobě červené krychle o hraně 1 metr. Tento model byl postupně vyexportován do následujících formátů:

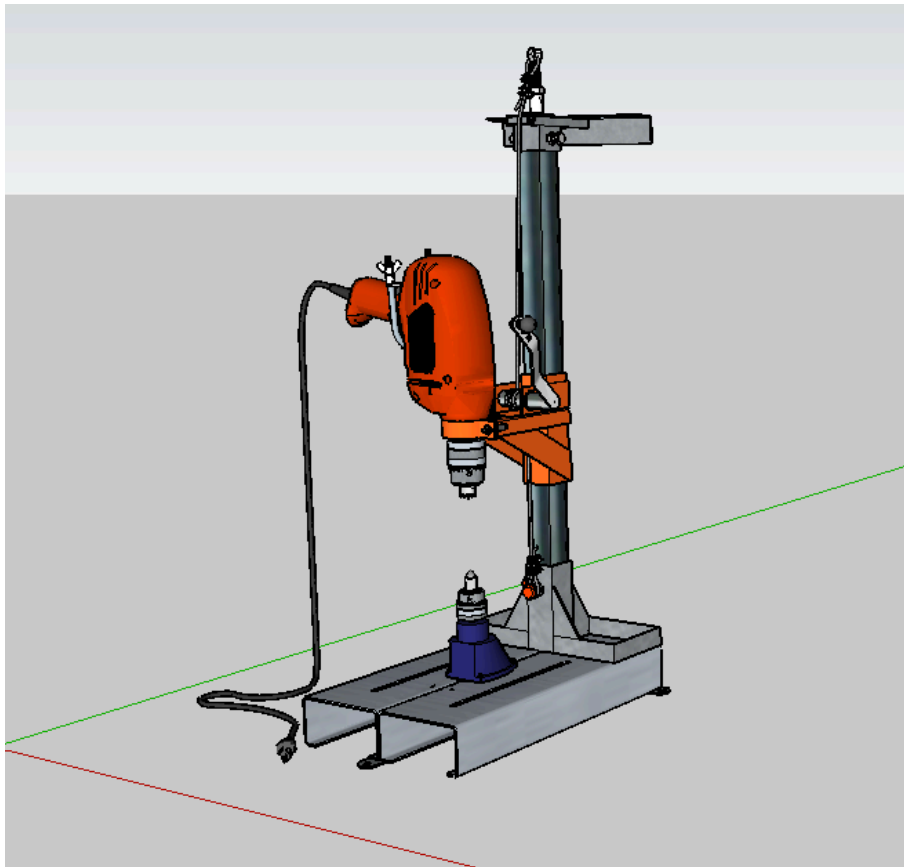
- DWG
- DFX
- PLY

V softwaru SketchUp byla opět vytvořena referenční červené krychle o hraně 1 metr. K této krychli byl přidán ještě model stolní vrtačky, který byl stažen z knihovny 3D Warehouse. Tento model byl přidán z důvodu nutnosti ověření soudržnosti složitějšího 3D modelu. Následně byly oba tyto modely exportovány do formátů: [36]

- 3DS
- DAE
- FBX
- OBJ
- SKP (verze 2015)



Obr. 6 – Referenční model krychle



Obr. 7 – Referenční model stolní vrtačky

Dalším krokem byl import modelů v jednotlivých formátech do prostředí Unity 3D a ověření kompatibility. V případě úspěšného importu modelu do projektu v Unity bylo zkoumáno, zda si model zachoval svůj rozměr a barvu. Pokud rozměr modelu neodpovídal původnímu, přišlo na řadu zkoumání měřítka. Nejvhodnějším způsobem ověření měřítka bylo porovnání importovaného referenčního modelu krychle s modelem krychle vytvořeným přímo v prostředí Unity 3D. Prostor Unity 3D dovoluje tvorbu jednoduchých 3D modelů, přičemž základní jednotkou je v tomto prostředí metr. Díky této skutečnosti bylo možné snadno vytvořit porovnávací model krychle o hraně 1 metr. Výsledky zkoumání kompatibility a přenesených atributů u jednotlivých formátů jsou k nalezení v následující tabulce.

### 5.1. Tabulka kompatibility 3D formátů s Unity 3D

Formát	Kompatibilita			Měřítko	Barva	Souřadný systém
	Vůbec	Částečná	Plná			
---				---	---	---
<b>DWG</b>	X					
<b>DFX</b>	X					
<b>PLY</b>	X					
<b>3DS</b>		X <sup>1</sup>		0,001	ANO	SHODNÝ S UNITY
<b>DAE</b>		X <sup>1</sup>		-	ANO	SHODNÝ S UNITY
<b>FBX</b>			X	0,1	ANO	SHODNÝ S UNITY
<b>OBJ</b>			X	0,001	NE	SHODNÝ S UNITY
<b>SKP</b>			X	0,0254	ANO	180° KOLEM OSY Y

Tab. 1 – Tabulka kompatibility 3D formátů s vývojovým prostředím Unity 3D

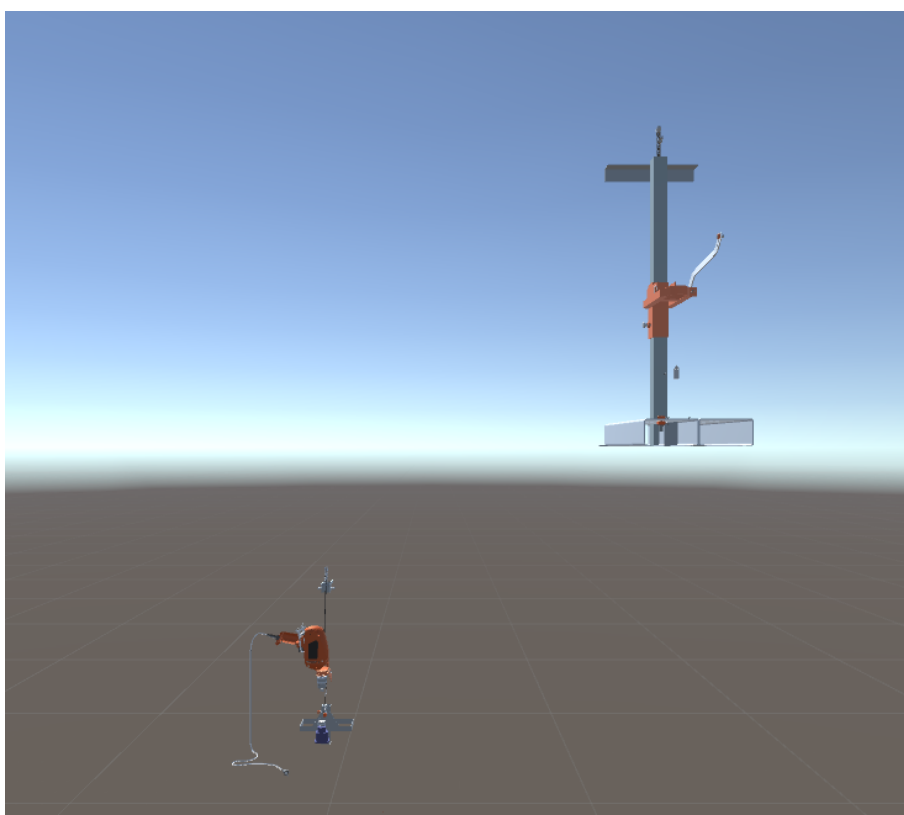
<sup>1</sup> Částečná kompatibility formátu je popsána v nadcházející části práce.

## 5.2. Částečná kompatibilita formátů

### Formát 3DS

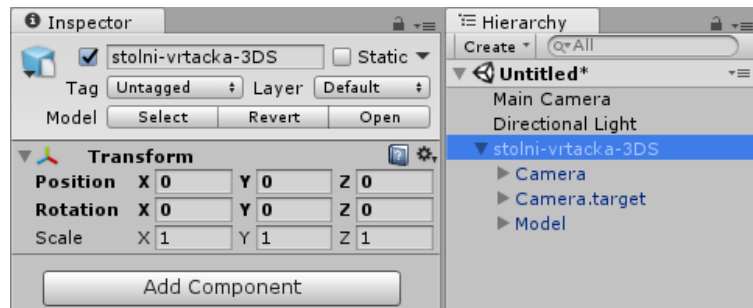
V případě importu referenčního modelu krychle pomocí formátu 3DS dojde pouze k zvětšení modelu 1000x, barvu si model zachová. Tato skutečnost je nejspíše způsobena tím, že prostředí Unity 3D nedokáže správně reprezentovat informaci o jednotkách a milimetry pocházející ze softwaru SketchUp zobrazuje jako metry. U modelu krychle ve formátu 3DS tedy stačí nastavit měřítko 0,001 a model se zobrazí v požadované velikosti.

Problém nastává při importu modelu stolní vrtačky pomocí formátu 3DS. Model zobrazí rozdělený na několik skupin, které nemají navzájem shodné souřadnice polohy, což má za následek chybné zobrazení modelu.

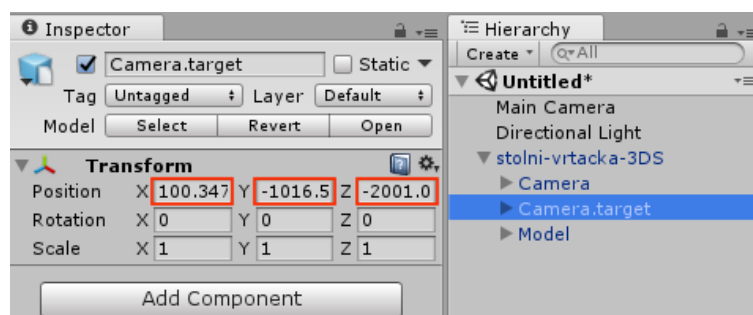


Obr. 8 – Ukázka rozdělení 3D objektu ve formátu 3DS po importu do prostředí Unity 3D

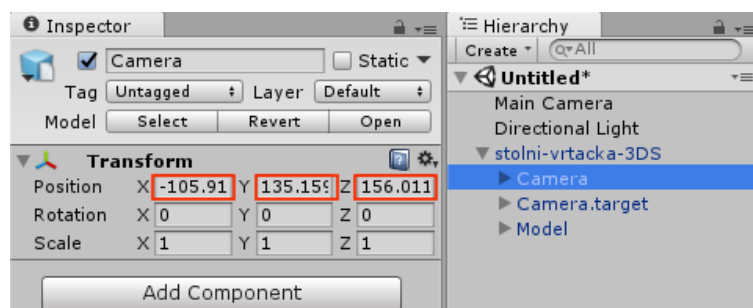
Tato chyba je způsobena špatnou reprezentací modelu v hierarchii formátu, kdy je část modelu uložena do sekce Model, část do sekce Camera a další část je uložena do sekce Camera.target. Právě tyto sekce mají po importu do Unity různé souřadnice polohy. Tuto chybu je možné opravit manuálním zadáním shodných souřadnic pro každou část modelu. Model se poté sjednotí a zobrazuje se korektně. S takto sjednoceným modelem lze pracovat, nicméně následná práce s takto sjednoceným modelem není tak komfortní jako u jiných formátů.



Obr. 9 – Ukázka rozdílných souřadnic částí modelů 3DS vrtačky A



Obr. 10 – Ukázka rozdílných souřadnic částí modelů 3DS vrtačky B



Obr. 11 – Ukázka rozdílných souřadnic částí modelů 3DS vrtačky C

## **Formát DAE**

V případě importu modelu pomocí formátu DAE nastává podobný scénář jako u formátu 3DS. V případě importu referenční krychle ve formátu DAE nastává pouze problém s měřítkem. Model se v Unity 3D načte jako zvětšený. Tuto skutečnost lze snadno opravit zadáním měřítka modelu 0,0254. Větší problém však nastává při importu komplexnějšího modelu stolní vrtačky. Model se opět zobrazí rozdělen do 3 sekcí jako tomu bylo u formátu 3DS, nicméně měřítko je u tohoto modelu z nezištných důvodů jiné než bylo u modelu referenční krychle. Díky této skutečnosti se tento formát dá považovat jako nevhodný pro přenos 3D modelů do vývojového prostředí Unity 3D.

## 6. Benchmark

### 6.1. Co je to benchmark

Benchmark je test, při kterém je porovnáván výkon různých zařízení proti sobě a nebo proti zavedenému standardu. V počítačovém světě benchmark často slouží k porovnání rychlosti či výkonu hardwarových komponent počítače, programů nebo například rychlosti internetového připojení. [37]

### 6.2. Důvody měření

Cílem této práce je vytvořit knihovnu 3D modelů, která bude následně použita ve vývojovém prostředí Unity 3D k tvorbě softwaru na layoutování výrobních systémů. Tato knihovna modelů musí být vytvořena v optimálním 3D formátu. Jak již bylo řečeno, tento optimální 3D formát by měl být kompatibilní s vývojovým prostředím Unity 3D a zároveň následná práce s modely v tomto formátu by měla být co nejméně náročná na výpočetní výkon. První z těchto dvou podmínek byla již ověřena v předchozích kapitolách, ale druhou je nutno ještě splnit.

Druhou podmínku je možno splnit po výkonnostním testováním jednotlivých 3D formátů. Výkonnostní testování – benchmark jednotlivých formátů odhalí hardwarovou náročnost operací s jednotlivými 3D formáty a tím umožní zvolit nejvhodnější formát pro tvorbu knihovny modelů. Samotný princip výkonnostního měření formátů bude popsán v následující části této práce.

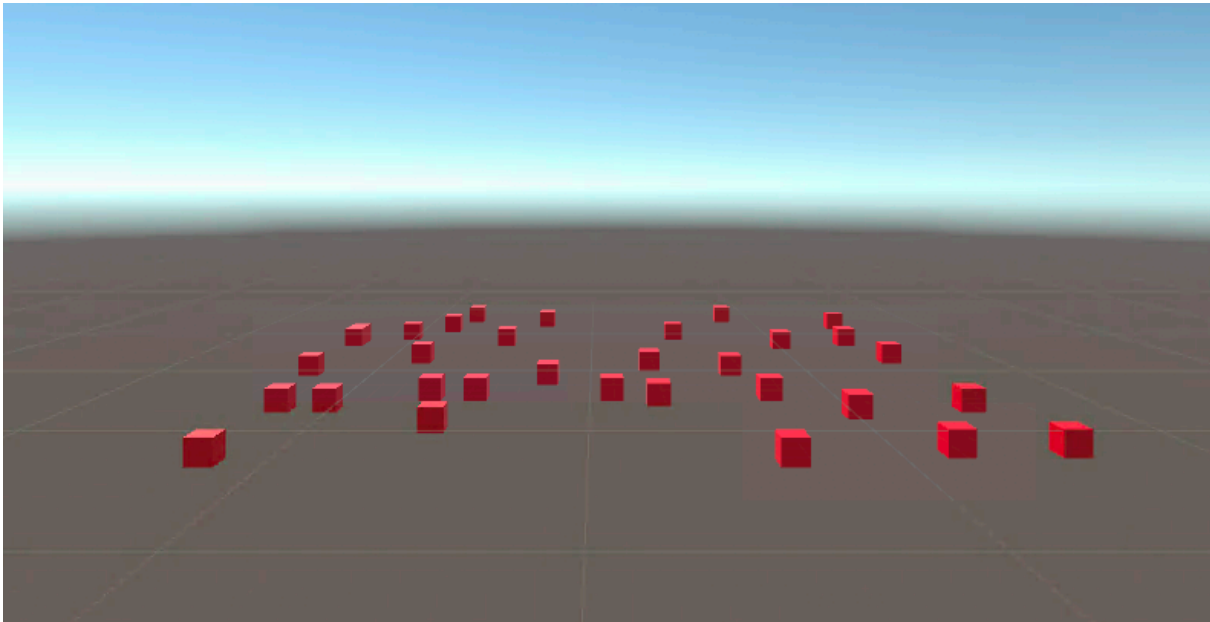
### 6.3. Popis metody benchmarku

Měření náročnosti na výkon u jednotlivých formátů spočívá v měření počtu snímků za sekundu, dále jen FPS, zobrazených při operacích s 3D objekty uložených v jednotlivých formátech. V případě tohoto benchmarku bude hodnota FPS zaznamenávána při rotaci několika shodných klastrů vytvořených z referenčních objektů kolem osy procházející jejich středem. Výsledky měření budou ukládány do CSV souboru a to včetně informací a hardwaru počítače. Při vyhodnocování měření náročnosti budeme vycházet z obecně známého předpokladu, že počet FPS je nepřímo úměrný hardwarové náročnosti měřeného 3D formátu.

### 6.4. Příprava benchmarku

Do projektu ve vývojovém prostředí Unity 3D byla importována stejná skupina referenčních modelů, jaká byla dříve použita pro ověření kompatibility s tímto vývojovým prostředím. Následně byla tato skupina opět rozšířena o model krychle vytvořený přímo v tomto prostředí. V dalším kroku byl z každého modelu za pomoci připraveného skriptu vytvořen klaster složený z 32 modelů o pevně daných souřadnicích.





Obr. 12 – Ukázka klastru vytvořeného z referenčního modelu krychle

Následným krokem bylo vložení vytvořených klastrů do vlastního skriptu benchmarku. V případě vkládání klastru vytvořeného z referenčních krychlí, byl každý klastř daného formátu vložen do skriptu benchmarku celkem čtyřikrát. Každému z těchto čtyř klastrů byla vždy přiřazena jiná hodnota levelu. Level je hodnota, která určuje o kolik se daný klastř rozšíří a u modelů krychlí nabývá hodnot 4, 16, 32 a 64. To znamená, že pokud je level roven čtyřem, počet klastrů se zvětší čtyři na druhou krát. V případě vkládání klastř tvořeného modely vrtaček nabývá level hodnot 1, 2, 4, 8 a 12. Toto rozšíření je nutné pro testování odpovídající reálnému layoutu výrobního systému co se počtu modelů týče.

Dalším parametrem ve skriptu benchmarku je hodnota Ram usage. Jedná se o ručně doplňovanou hodnotu, která vyjadřuje, kolik megabytů operační paměti potřebuje počítač k práci s každým klastřem. Této hodnoty využívá finální verze benchmarku k seřazení klastrů vzestupně podle jejich náročnosti na operační paměť, což má velký význam u slabších počítačů, kterým při práci s náročnějšími klastřem dojde operační paměť a to má za následek pád programu. Díky tomuto seřazení je zabezpečeno, že i na slabším počítači dojde k otestování všech klastrů, které mají hodnotu parametru Ram usage menší než je hodnota volné operační paměti na tomto počítači. Pro zjištění hodnot parametru Ram usage byl skript benchmarku spuštěn bez vyplněné hodnoty tohoto parametru na výkonném počítači s dostatkem operační paměti a při operacích s jednotlivými klastřem byla vždy odměřena velikost využití operační paměti pomocí správce úloh.

Po vyplnění tohoto parametru byl benchmark zkompileován do výsledného EXE souboru, který byl následně spuštěn na vícero různě výkonných počítačích.

## 7. Výsledky benchmarku

Výsledný benchmark obsahuje celkem různých 44 kroků a po jeho spuštění vrátí pro každý krok hodnotu FPS, kterou následně zapíše do CSV souboru. Ukázalo se, že práce s klastrem stolní vrtačky s levelem 8 a 12 je náročná i pro ty nejvýkonnější stolní počítače a výsledná hodnota FPS je při práci s těmito klastrem rovna 3. Klastry stolní vrtačky s levelem 8 obsahují 251904 modelů a klastry tohoto modelu s levelem 12 obsahují 566784 modelů. Jedná se tedy o velice rozsáhlé klastry, což je způsobeno složitým modelem samotné vrtačky. Hodnota 3 FPS je benchmarkem vypsána i v případě, že daný počítač vůbec nezvládá práci s takto náročným klastrem. Nelze tedy považovat tyto výsledky za relevantní.

Celkem byl benchmark spuštěn na deseti různě výkonných počítačích a díky tomu bylo získáno dostatečné množství dat pro relevantní porovnávání jednotlivých formátů. Kompletní výsledky z měření jsou uvedeny v příloze I.

Průměrné hodnoty FPS pro jednotlivé formáty vypadají následovně<sup>2</sup>:

### Formát 3DS:

MODEL	LEVEL	FPS
Krychle	4	1159,5
	16	99,6
	32	19,6
	64	4,5
Vrtačka	1	47,6
	2	9,9
	4	3
	8	3
	12	3

Tab. 2 – Průměrné hodnoty FPS formátu 3DS

### Formát DAE:

MODEL	LEVEL	FPS
Krychle	4	708,3
	16	43,4
	32	9,1
	64	3

Tab. 3 – Průměrné hodnoty FPS formátu DAE

<sup>2</sup> Čím vyšší hodnota FPS, tím lépe

### **Formát SKP:**

<b>MODEL</b>	<b>LEVEL</b>	<b>FPS</b>
Krychle	4	1173,2
	16	99,3
	32	20,2
	64	4,5
Vrtačka	1	65,4
	2	16,2
	4	4,5
	8	3
	12	3

Tab. 4 – Průměrné hodnoty FPS formátu SKP

### **Formát OBJ:**

<b>MODEL</b>	<b>LEVEL</b>	<b>FPS</b>
Krychle	4	1157
	16	97,6
	32	19,8
	64	4,5
Vrtačka	1	91,6
	2	23,6
	4	5,9
	8	3
	12	3

Tab. 5 – Průměrné hodnoty FPS formátu OBJ

### **Nativní model Unity 3D:**

<b>MODEL</b>	<b>LEVEL</b>	<b>FPS</b>
Krychle	4	1150,6
	16	95,8
	32	19,5
	64	4,4

Tab. 6 – Průměrné hodnoty FPS pro modely vytvořené v Unity 3D

Z průměrných hodnot FPS pro jednotlivé modely lze snadno určit optimální formát pro tvorbu knihovny 3D modelů pro layouty výrobních systémů. Při porovnání jednotlivých hodnot bylo zjištěno, že nejlepšími výsledky dosahuje formát SKP (verze 2015) a formát OBJ. V případě klastrů tvořených referenčním modelem krychle jsou hodnoty FPS u obou formátů téměř vyrovnané. Větší rozdíl v hodnotách FPS byl pozorován až u obsáhlejších klastrů tvořených modelem stolní vrtačky. U těchto klastrů dosahuje formát OBJ vyšších hodnot FPS, ale vzhledem k tomu, že není tento formát schopný přenést informaci o barvě modelu, stává se nevhodným formátem pro tvorbu požadované knihovny. Jako optimální formát pro tvorbu knihovny modelů pro layouty výrobních systémů byl zvolen formát SKP ve verzi 2015.

## 8. Knihovna 3D modelů

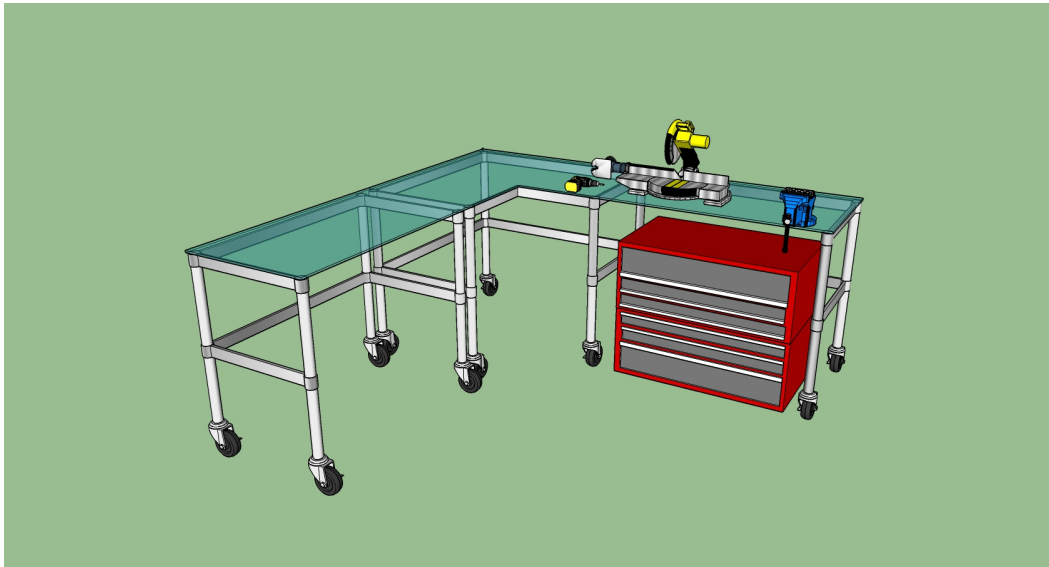
Při layoutování výrobních systémů pomocí moderních počítačových technologií je vytvořena simulace pracovního prostředí. Vizualní stránka této simulace je tvořena modely jednotlivých výrobních strojů, pracovišť a obsluhy. Tyto modely jsou skládány do požadovaného rozmístění a díky tomu mají výsledné layouty realistický vzhled.

Při tvorbě následující knihovny modelů pro layouty výrobních procesů bylo čerpáno z online 3D knihovny SketchUp 3D Warehouse. Tato knihovna byla představena již v předešlé části této práce. Jedná se o velice výhodný zdroj modelů, protože celá knihovna je tvořena modely v požadovaném formátu SKP a licenční podmínky této knihovny toto využití umožňují. Zároveň tato knihovna obsahuje velké množství modelů, které pocházejí přímo od výrobců daných strojů a díky tomu je zaručena rozměrová a tvarová přesnost modelu.

Při výběru modelů do základní knihovny sloužila k inspiraci knihovna modelů z layoutovacího softwaru VisTABLE. Nabídka modelů v tomto softwaru je opravdu široká, nicméně pro účely této práce bylo vybráno 20 základních modelů, ze kterých byla vytvořena následující knihovna:

### Rohový pracovní stůl [38]

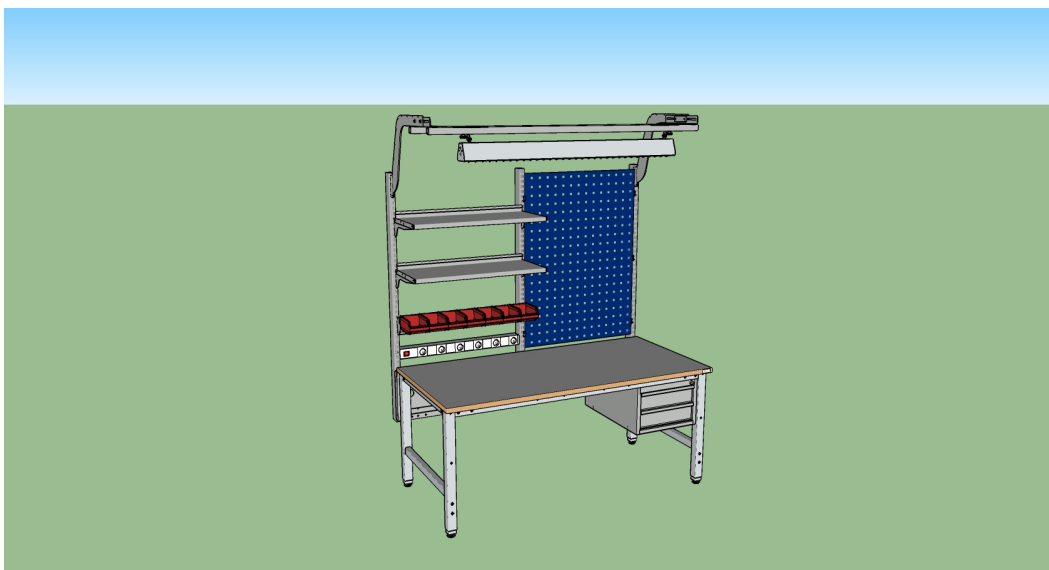
- Rozměr modelu: 65 x 156 x 156 [cm]
- Název souboru: 1-pracovni-stul-rohovy.skp
- Velikost souboru: 3,5 [MB]



Obr. 13 – Rohový pracovní stůl

### Montážní stůl [39]

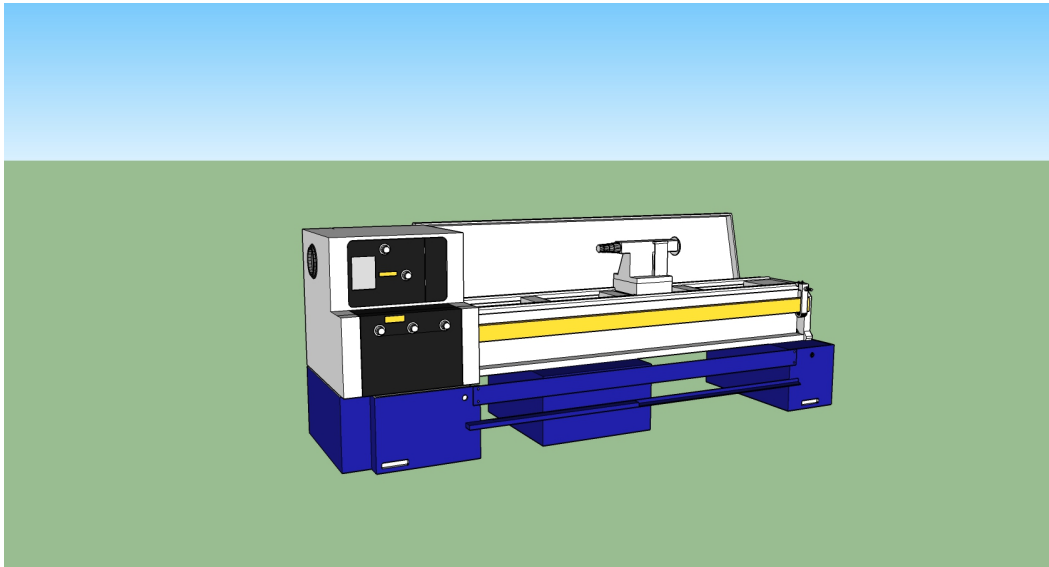
- Rozměr modelu: 202 x 152 x 83 [cm]
- Název souboru: 2-montazni-stul.skp
- Velikost souboru: 7,9 [MB]



Obr. 14 – Montážní stůl

### Soustruh [40]

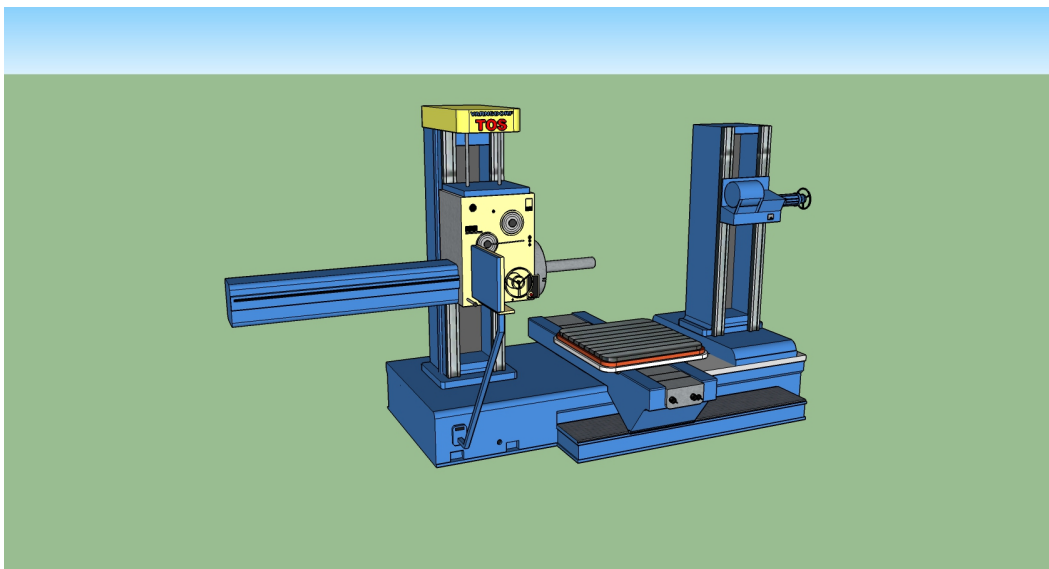
- Rozměr modelu: 173 x 457 x 176 [cm]
- Název souboru: 3-soustruh.skp
- Velikost souboru: 750 [KB]



Obr. 15 – Soustruh Summit MS29

### Horizontální vyvrtávačka [41]

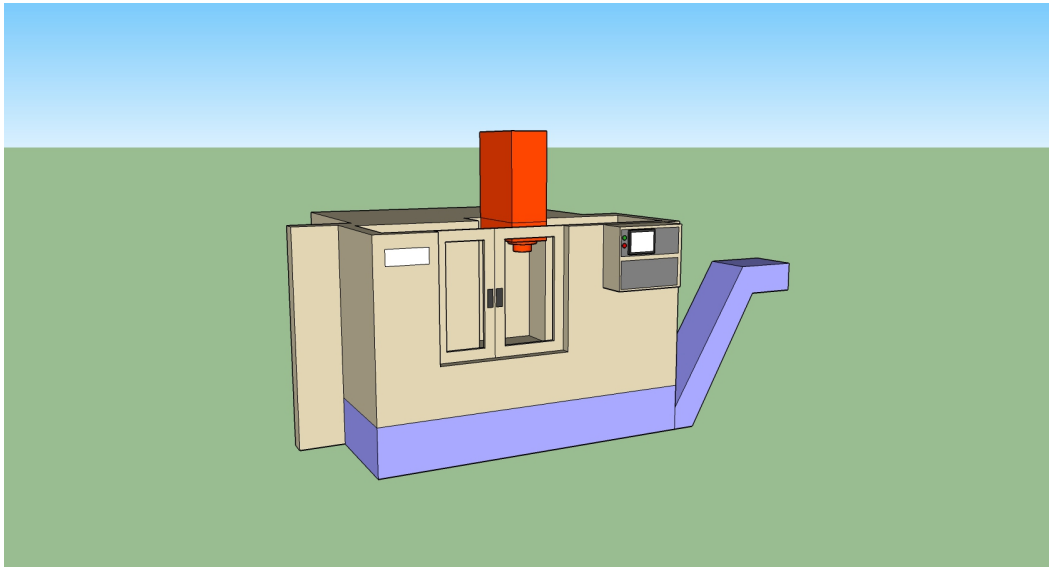
- Rozměr modelu: 173 x 457 x 176 [cm]
- Název souboru: 4-horizontalni-vyvrtacka.skp
- Velikost souboru: 1,2 [MB]



Obr. 16 – Horizontální vyvrtávačka

### Obráběcí centrum [42]

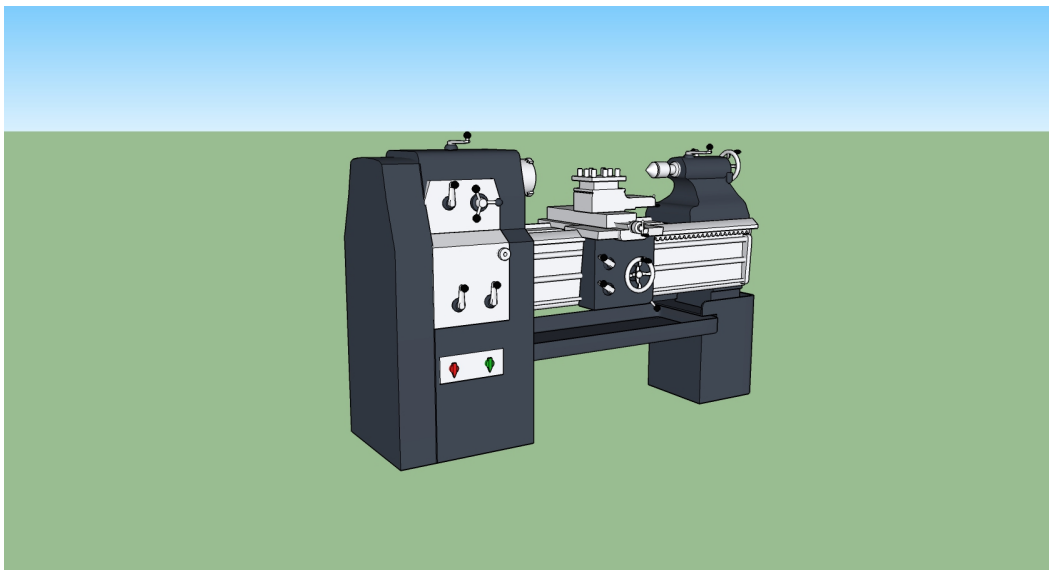
- Rozměr modelu: 244 x 400 x 294 [cm]
- Název souboru: 5-obrabecci-centrum.skp
- Velikost souboru: 132 [KB]



Obr. 17 – Obráběcí centrum

### Soustruh [43]

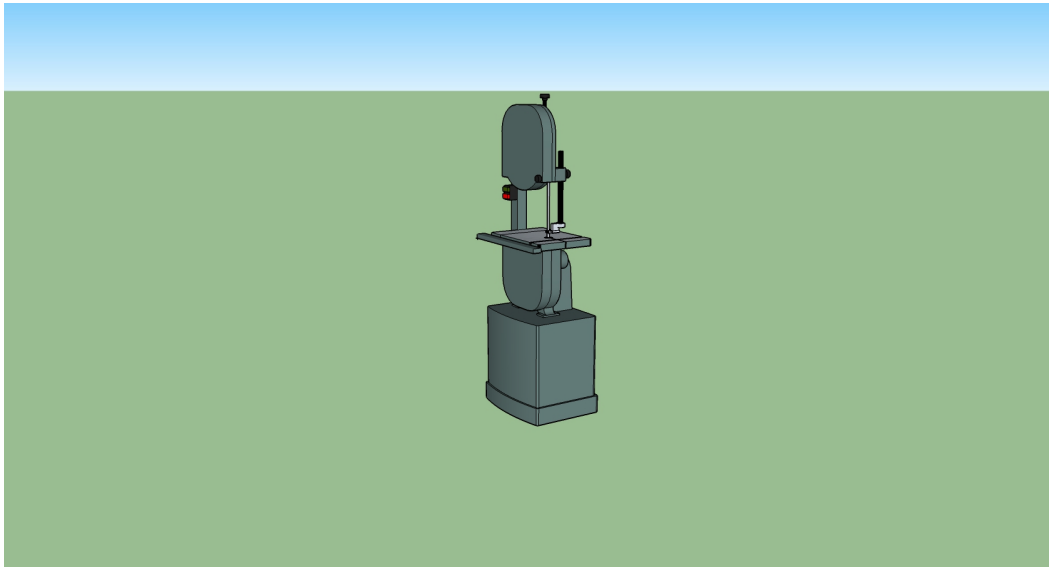
- Rozměr modelu: 143 x 228 x 36 [cm]
- Název souboru: 6-soustruh.skp
- Velikost souboru: 5,6 [MB]



Obr. 18 – Soustruh

### Pásová pila [44]

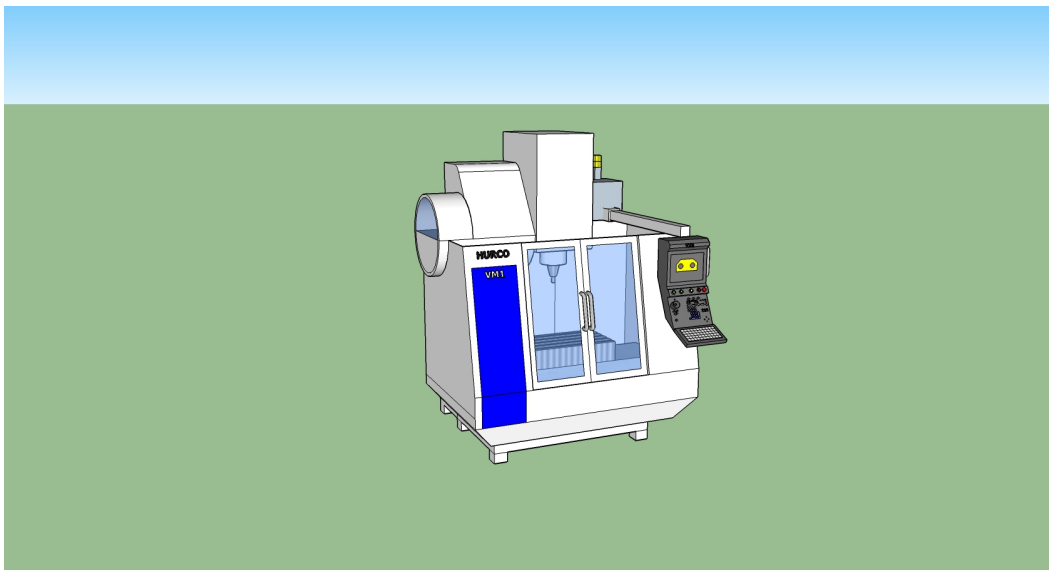
- Rozměr modelu: 183 x 61 x 44 [cm]
- Název souboru: 7-pasova-pila.skp
- Velikost souboru: 379 [KB]



Obr. 19 – Pásová pila

### Obráběcí centrum [45]

- Rozměr modelu: 187 x 200 x 239 [cm]
- Název souboru: 8-obrabeci-centrum.skp
- Velikost souboru: 1,4 [MB]

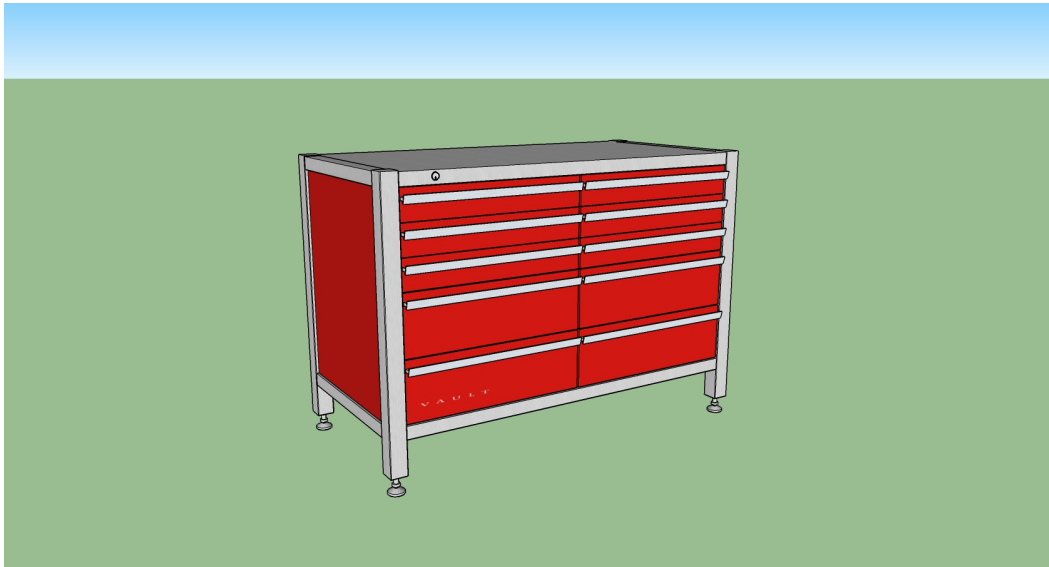


Obr. 20 – Obráběcí centrum



### Box na nářadí[46]

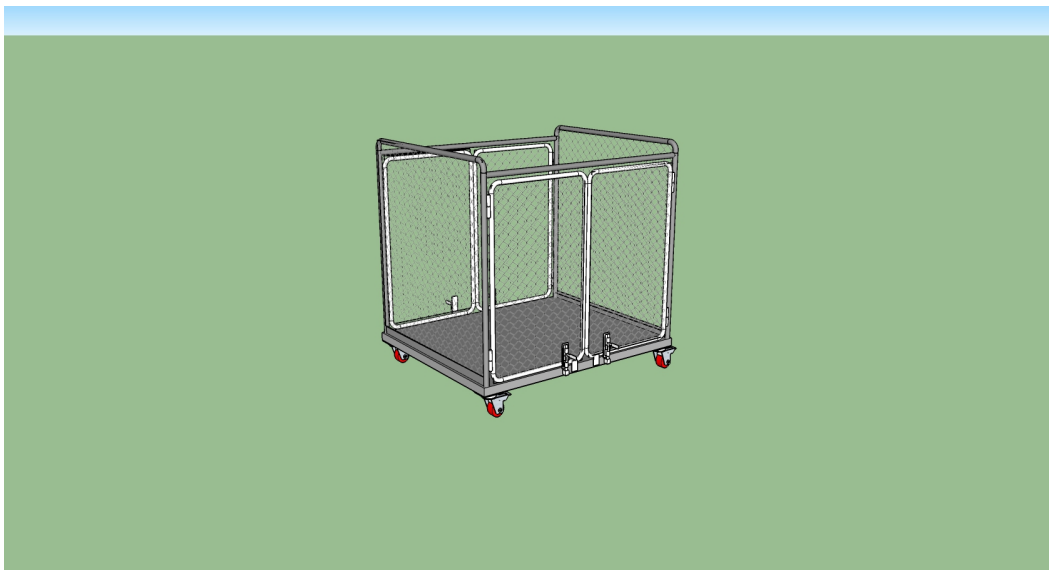
- Rozměr modelu: 87 x 87 x 122 [cm]
- Název souboru: 9-box-na-naradi.skp
- Velikost souboru: 665 [KB]



Obr. 21 – Box na nářadí

### Přepravní box [47]

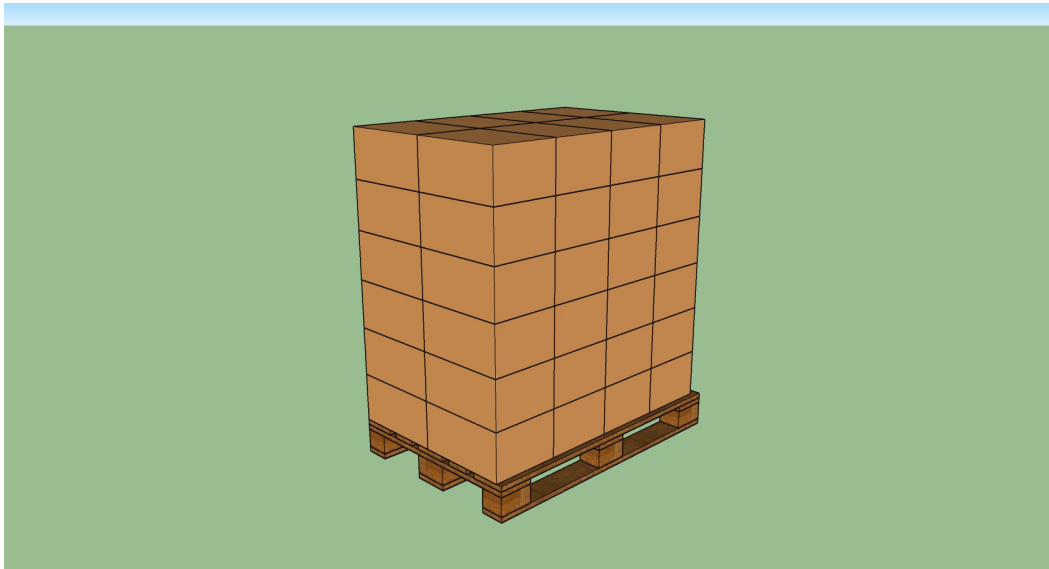
- Rozměr modelu: 130 x 120 x 98 [cm]
- Název souboru: 10-prepravni-box.skp
- Velikost souboru: 830 [KB]



Obr. 22 – Přepravní box

### Europaleta [48]

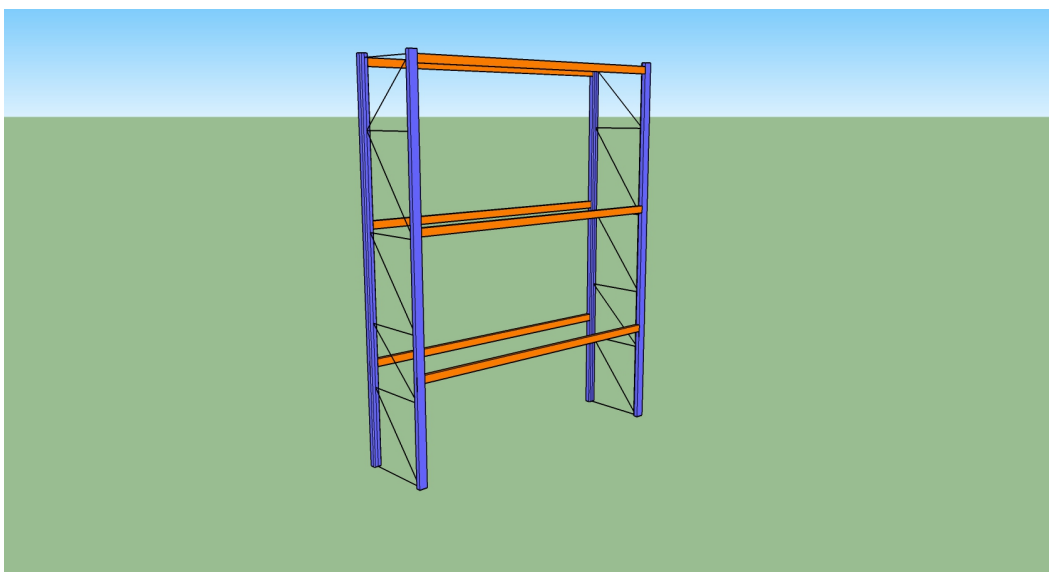
- Rozměr modelu: 134 x 120 x 80 [cm]
- Název souboru: 11-europaleta.skp
- Velikost souboru: 164 [KB]



Obr. 23 - Europaleta

### Regál [49]

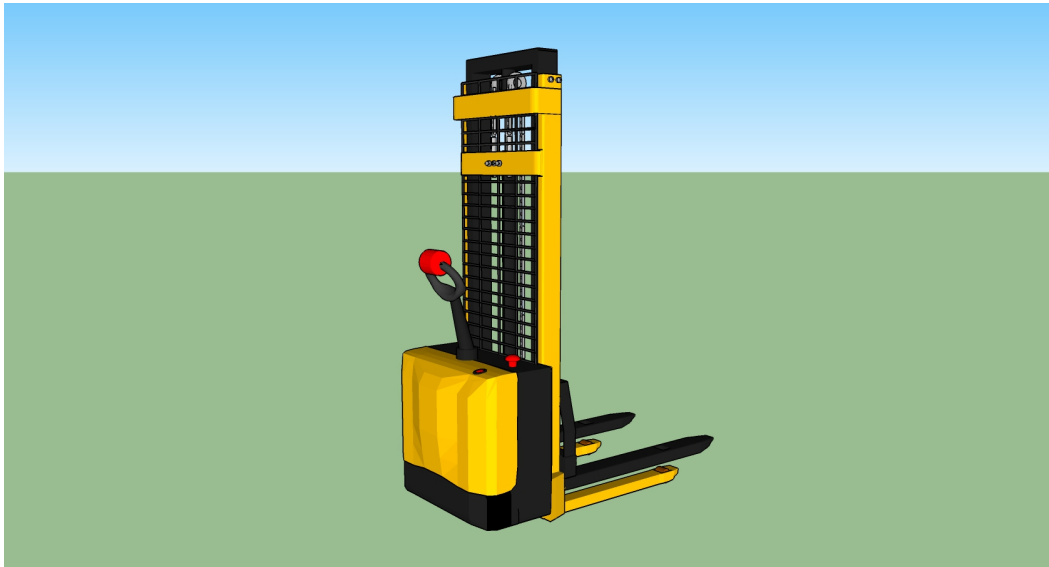
- Rozměr modelu: 585 x 466 x 120 [cm]
- Název souboru: 12-regal.skp
- Velikost souboru: 109 [KB]



Obr. 24 - Regál

### Paletový vozík [50]

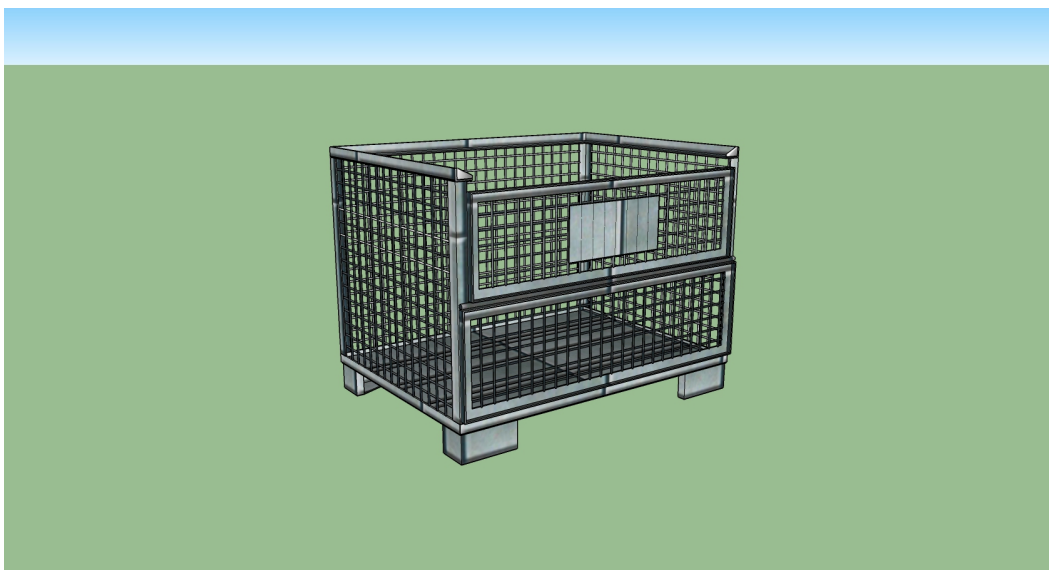
- Rozměr modelu: 234 x 83 x 170 [cm]
- Název souboru: 13-paletovy-vozik.skp
- Velikost souboru: 7,3 [MB]



Obr. 25 – Paletový vozík

### Gitterbox [51]

- Rozměr modelu: 130 x 120 x 98 [cm]
- Název souboru: 14-gitterbox.skp
- Velikost souboru: 274 [KB]



Obr. 26 - Gitterbox

### Kancelářský box [52]

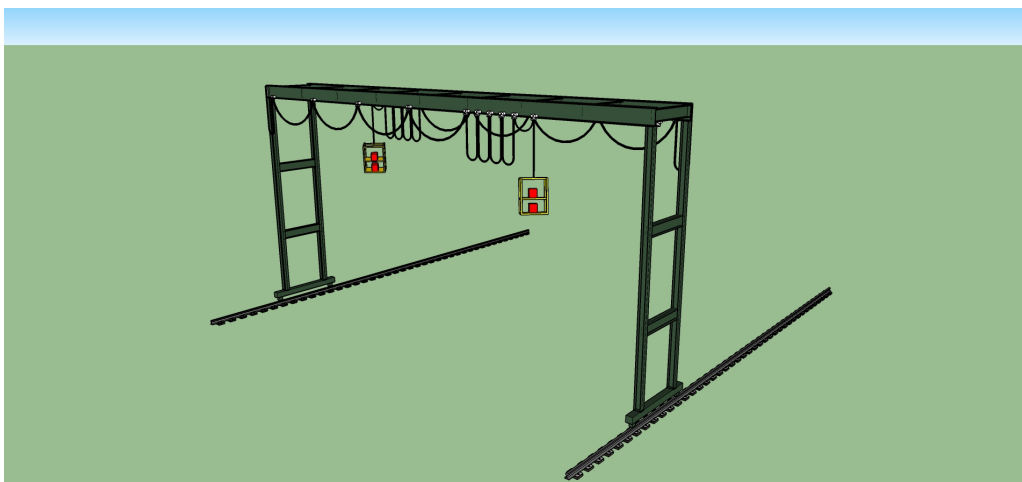
- Rozměr modelu: 170 x 250 x 250 [cm]
- Název souboru: 15-kancelarsky-box.skp
- Velikost souboru: 10,3 [MB]



Obr. 27 – Kancelářský box

### Portálový jeřáb [53]

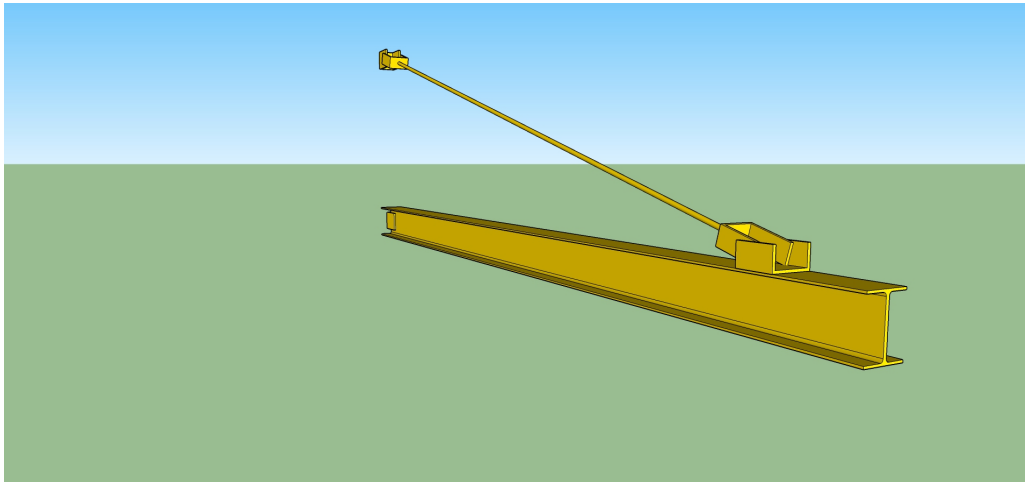
- Rozměr modelu: 1700 x 1800 x 880 [cm]
- Název souboru: 16-portalovy-jeřab.skp
- Velikost souboru: 11 [MB]



Obr. 28 – Portálový jeřáb

### Konzolový jeřáb [54]

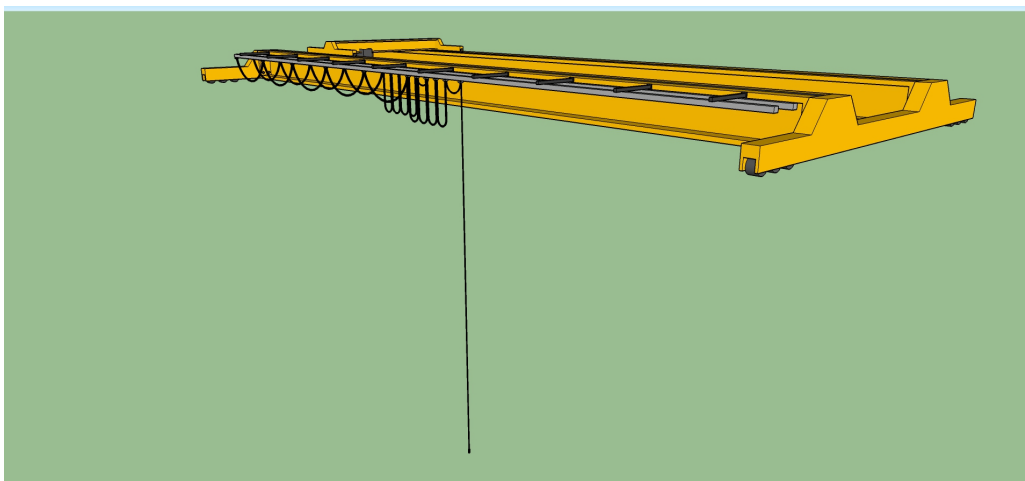
- Rozměr modelu: 117 x 13 x 170 [cm]
- Název souboru: 17-konzolovy-jeřab.skp
- Velikost souboru: 10,7 [MB]



Obr. 29 – Konzolový jeřáb

### Mostový jeřáb [55]

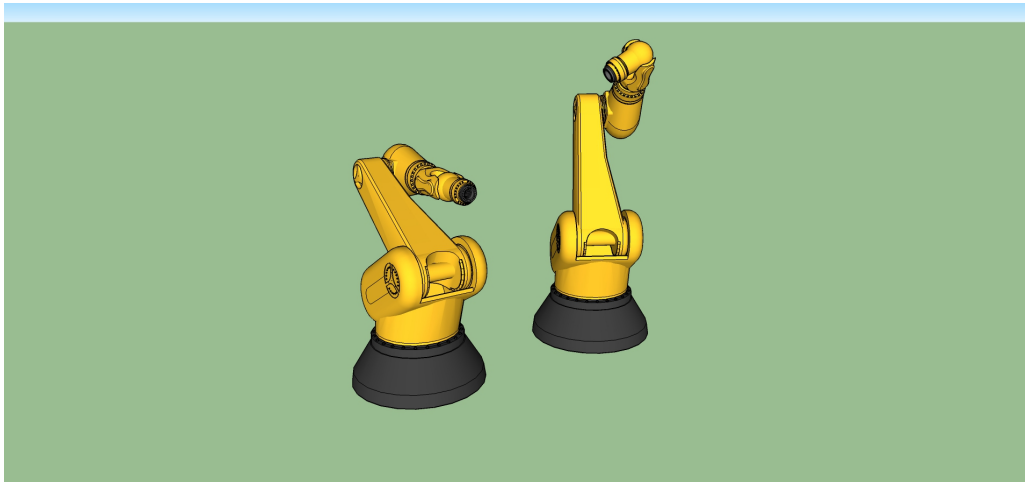
- Rozměr modelu: 1691 x 1775 x 4006 [cm]
- Název souboru: 18-mostovy-jeřab.skp
- Velikost souboru: 10,3 [MB]



Obr. 30 – Mostový jeřáb

### Výrobní roboti [56]

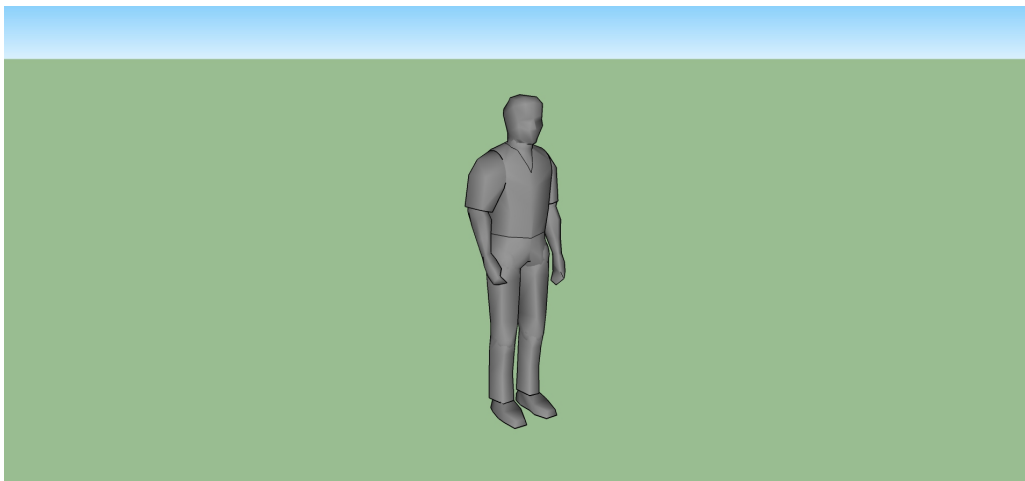
- Rozměr modelu: 230 x 320 x 292 [cm]
- Název souboru: 19-vyrobni-roboti.skp
- Velikost souboru: 12,1 [MB]



Obr. 31 – Výrobní roboti

### Polohovatelná postava [57]

- Rozměr modelu: 179 x 59 x 28 [cm]
- Název souboru: 20-polohovatelná-postava.skp
- Velikost souboru: 12,5 [MB]



Obr. 32 – Polohovatelná postava

## 9. Závěr

Tématem této práce bylo vytvoření základní knihovny modelů pro layouty výrobních systémů. K dosažení tohoto cíle bylo nejprve nutné vysvětlit pojem layouty výrobních systémů a představit jednotlivé nástroje na jejich tvorbu. Dále bylo nutné zvolit optimální formát pro 3D modely z této knihovny.

K dosažení tohoto cíle byly nejprve jednotlivé 3D formáty představeny obecně. Následně byly zkoumány možnosti převodů 3D objektů mezi těmito formáty a v neposlední řadě byly tyto formáty testovány na jejich hardwarovou náročnost. Po detailním prozkoumání možností převodů byly ze získaných výsledků sestaveny diagramy převodů sloužící k rychlé orientaci v možnostech převodů 3D objektů mezi jednotlivými 3D softwary.

K účelům výkonnostního testování byl vytvořen speciální počítačový program, který pro každý formát simuluje práci s layoutem výrobního systému a následně poskytne data pro vyhodnocení hardwarové náročnosti operací s jednotlivými 3D formáty. Po vyhodnocení těchto dat byl zvolen optimální formát pro tvorbu knihovny modelů.

Posledním krokem této práce bylo vytvoření knihovny modelů pro layouty výrobních systémů. Tuto knihovnu je možno nalézt na přiloženém CD.

## 10. Citovaná literatura

- [1] ŠIMON, Michal, MILLER, Antonín. *Řízení hmotných toků ve výrobě*. [online]. [cit. 1.11.2016]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/rizeni-hmotnych-toku-ve-vyrobe.htm>
- [2] *Facility Layout and Design*. [online]. [cit. 1.11.2016]. Dostupné z: <http://www.inc.com/encyclopedia/facility-layout-and-design.html>
- [3] ZAMOJC, Ian. *Introduction to Unity3D*. [online]. [cit. 3.11.2016] Dostupné z: <https://code.tutsplus.com/tutorials/introduction-to-unity3d--mobile-10752>
- [4] CICHÝ, Lukáš. *Hra vytvořená v platformě Unity 3D*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: [http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2014/sbornik2014/Praha\\_novoborska-prosek-Cichy-hra.pdf](http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2014/sbornik2014/Praha_novoborska-prosek-Cichy-hra.pdf)
- [5] *Working In Unity*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/UnityOverview.html>
- [6] *Physics*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/PhysicsSection.html>
- [7] *Graphics*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/Graphics.html>
- [8] *Scripting*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/ScriptingSection.html>
- [9] *Unity Manual*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/UnityManual.html>
- [10] *Welcome to Unity*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: <https://store.unity.com/>
- [11] *DELMIA: 3D virtuální továrna budoucnosti s produkty Dassault Systèmes*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/data/files/delmia-3d-virtualni-tovarna-budoucnosti-s-produkty-dassault-syst-189.pdf>
- [12] POLCAR, Jiří. *Využití LiDARových bodových mračen a virtuální reality pro tvorbu 3D modelů výrobních systémů*. Plzeň, 2015. TEZE K DISERTAČNÍ PRÁCI. Západočeská univerzita. Fakulta strojní.
- [13] *FactoryCAD*. [online]. [cit. 3.11.2016]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/tecnomatix/manufacturing-planning/factory-design/factorycad.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/tecnomatix/manufacturing-planning/factory-design/factorycad.shtml)
- [14] *Improved efficiency and speed with familiar tools*. [online]. [cit. 15.11.2016]. Dostupné z: <https://www.cadac.com/media/2015/factory-design-suite-2016-brochure.pdf>
- [15] *Google prodal SketchUp společnosti Trimble*. [online]. [cit. 17.11.2016]. Dostupné z: <http://onlinesketchup.cz/blog/google-prodal-sketchup-spolecnosti-trimble/>
- [16] *About GrabCAD*. [online]. [cit. 17.11.2016]. Dostupné z: <http://resources.grabcad.com/company/>



- [17] *Online CAD Libraries*. [online]. [cit. 21.11.2016]. Dostupné z: <https://www.solidworks.com/sw/products/3d-cad/online-cad-libraries-3d-content-central.htm>
- [18] BRAGINTON, Tyler. *What is 3D Content Central?*. [online]. [cit. 25.11.2016]. Dostupné z: <http://www.hawkridgesys.com/blog/3d-content-central/>
- [19] *TurboSquid Overview*. [online]. [cit. 25.11.2016]. Dostupné z: <http://www.turbosquid.com/AboutTurboSquid>
- [20] TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Vektorový grafický formát DXF*. [online]. [cit. 25.11.2016]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/vektorovy-graficky-format-dxf/>
- [21] *Open Design Specification for .dwg files*. [online]. [cit. 25.11.2016]. Dostupné z: [https://www.opendesign.com/files/guestdownloads/OpenDesign\\_Specification\\_for\\_.dwg\\_files.pdf](https://www.opendesign.com/files/guestdownloads/OpenDesign_Specification_for_.dwg_files.pdf)
- [22] *What Are the Pros and Cons of DWG? Everything You Need to Know*. [online]. [cit. 25.11.2016]. Dostupné z: <http://www.scan2cad.com/dwg/dwg-pros-cons/>
- [23] BOURKE, Paul. *PLY - Polygon File Format*. [online]. [cit. 26.11.2016]. Dostupné z: <http://paulbourke.net/dataformats/ply/>
- [24] *The PLY File Format*. [online]. [cit. 26.11.2016]. Dostupné z: [http://www.cc.gatech.edu/projects/large\\_models/ply.html](http://www.cc.gatech.edu/projects/large_models/ply.html)
- [25] BOURKE, Paul. *Object Files*. [online]. [cit. 26.11.2016]. Dostupné z: <http://paulbourke.net/dataformats/obj/>
- [26] *Exchange Formats*. [online]. [cit. 26.11.2016]. Dostupné z: <https://support.turbosquid.com/hc/en-us/articles/230092847-Exchange-Formats>
- [27] NOSKE, Paul. *OBJ file format*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: [http://www.andrewnoske.com/wiki/OBJ\\_file\\_format](http://www.andrewnoske.com/wiki/OBJ_file_format)
- [28] *3D file format*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: [http://edutechwiki.unige.ch/en/3D\\_file\\_format#BLEND\\_-\\_BLENDER](http://edutechwiki.unige.ch/en/3D_file_format#BLEND_-_BLENDER)
- [29] *BLEND*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: <http://fileformats.archiveteam.org/wiki/BLEND>
- [30] *3DS File Format*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/3ds>
- [31] *3DS Files*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: <http://fileformats.archiveteam.org/wiki/3DS>
- [32] *FBX binary file format specification*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: <https://code.blender.org/2013/08/fbx-binary-file-format-specification/>
- [33] *What are the pros and cons of .fbx vs .blend?*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-are-the-pros-and-cons-of-fbx-vs-blend>

- [34] *VisTable*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: <http://digipod.zcu.cz/index.php/cs/oblasti-nasazeni/tvorba-prostoroveho-usporadani/vistable>
- [35] *Unity 3D Facebook integration with Coherent UI*. [online]. [cit. 31.11.2016]. Dostupné z: <http://coherent-labs.com/blog/unity-3d-facebook-integration-with-coherent-ui-tutorial/>
- [36] *3D Model stolní vrtačky*. [online]. [cit. 2.3.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/ub04e8775-6344-4eaf-9f87-41cc96792982/Base-Soporte-Taladro-de-Mano>
- [37] FISHER, Tin. *What is a Benchmark?*. [online]. [cit. 18.3.2017]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-a-benchmark-2625811>
- [38] *Work bench*. [online]. [cit. 1.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/9fa9351277bf3116fba2904f1730e4d7/work-bench>
- [39] *SSG Table 100 Combination 5 Item No. 201255*. [online]. [cit. 1.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/4b53636fc044876bb20aa91e9e90c311/SSG-Table-100-Combination-5-Item-No-201255>
- [40] *Summit Lathe (MS29)*. [online]. [cit. 1.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/fa539ed9448c82efa1151c277c748562/Summit-Lathe-MS29>
- [41] *MS32 - Horizontal Boring Mill*. [online]. [cit. 1.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/ddb6ba16e65a5ba2b7ea82317702e856/MS32-Horizontal-Boring-Mill>
- [42] *Mazak VTC-41 VMC*. [online]. [cit. 1.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/5ff2ab264401b6636a3438e281662595/Mazak-VTC-41-VMC>
- [43] *Lathe*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/9fb7e7be17dce697a413908c0e169330/Lathe>
- [44] *14" Bandsaw*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/e77748a22430cac4d1ef4894bda03152/14-Bandsaw>
- [45] *Hurco VMI cnc mill*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/3a2d3b9687bf8141f0f4eca31b7a7819/Hurco-VM1-cnc-mill>
- [46] *Double Workchest with 10 Drawers [972-2X-10D] in PRO SERIES®*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/6ac132d41cb4a2d9921dd903dd0b8b17/Double-Workchest-with-10-Drawers-972-2X-10D-in-PRO-SERIES>

- [47] *cage trolley/ troly barang*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/u1ac676d7-73f2-4e9d-b3a7-bd9e5893dd04/cage-trolley-troly-barang>
- [48] *Euro pallet*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/da141007-ec51-404c-8d80-ac3443feda6b/Euro-Pallet>
- [49] *Pallet racking*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/cd6fb308bc85ef2f6a0a0ac94e184915/pallet-racking>
- [50] *LiftScience Material Handling Equipment Model P10030 Electric Walkie Pallet Stacker Forklift Truck*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/cd80d382d0deeb4e5944a7da13a07c0/LiftScience-Material-Handling-Equipment-Model-P10030-Electric-Walkie-Pallet-Stacker-Forklift-Truck>
- [51] *Gitterbox*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/e0c232617ab84b676c18539961005559/SO-MMER-Gitterbox-big-11m-x-08m-x-085m>
- [52] *Modern Modular Room Dividers and Office Partitions by iDivide*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/u0953e95b-cec6-4d17-b9a6-67b4728f1b00/Modern-Modular-Room-Dividers-and-Office-Partitions-by-iDivide>
- [53] *Freestanding Bridge Crane*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/886a3b28-75f8-48e7-9222-317cffc2f5a9/Freestanding-Bridge-Crane>
- [54] *Jib Crane (Wall-Mounted)*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/43880236-97d8-4019-b468-9eaa618fc2e7/Jib-Crane-Wall-Mounted>
- [55] *Large Bridge Crane*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/70abd8fb-83cd-4456-bb23-944a4574b039/Large-Bridge-Crane>
- [56] *Industry robots*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/a2e276ed64f41147c6a9ec8c430c51f7/Industry-Robots>
- [57] *Grey Man - Modified and Articulated*. [online]. [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/u812c5b2e-af79-4cec-bd24-bf006894685d/Grey-Man-Modified-and-Articulated>

### Seznam tabulek

Tab. 1 – Tabulka kompatibility 3D formátů s vývojovým prostředím Unity 3D .....	29
Tab. 2 – Průměrné hodnoty FPS formátu 3DS.....	34
Tab. 3 – Průměrné hodnoty FPS formátu DAE.....	34
Tab. 4 – Průměrné hodnoty FPS formátu SKP .....	35
Tab. 5 – Průměrné hodnoty FPS formátu OBJ.....	35
Tab. 6 – Průměrné hodnoty FPS pro modely vytvořené v Unity 3D .....	35

## Seznam obrázků

Obr. 1 - Ukázka 2D a 3D layoutu výrobního systému v programu VisTABLE [34] .....	12
Obr. 2 - Ukázka vývojového prostředí UNITY 3D[35] .....	14
Obr. 3 - Diagram převodů ze softwaru NX .....	22
Obr. 4 – Diagram převodů ze softwaru SketchUp .....	24
Obr. 5 – Diagram převodů ze softwaru Blender .....	26
Obr. 6 – Referenční model krychle .....	27
Obr. 7 – Referenční model stolní vrtačky .....	28
Obr. 8 – Ukázka rozdělení 3D objektu ve formátu 3DS po importu do prostředí Unity 3D ...	30
Obr. 9 – Ukázka rozdílných souřadnic částí modelů 3DS vrtačky A.....	31
Obr. 10 – Ukázka rozdílných souřadnic částí modelů 3DS vrtačky B.....	31
Obr. 11 – Ukázka rozdílných souřadnic částí modelů 3DS vrtačky C.....	31
Obr. 12 – Ukázka klastru vytvořeného z referenčního modelu krychle.....	33
Obr. 13 – Rohový pracovní stůl .....	37
Obr. 14 – Montážní stůl.....	37
Obr. 15 – Soustruh Summit MS29 .....	38
Obr. 16 – Horizontální vyvrtávačka .....	38
Obr. 17 – Obráběcí centrum .....	39
Obr. 18 – Soutruh .....	39
Obr. 19 – Pásová pila .....	40
Obr. 20 – Obráběcí centrum .....	40
Obr. 21 – Box na nářadí .....	41
Obr. 22 – Převážný box .....	41
Obr. 23 - Europaleta .....	42
Obr. 24 - Regál .....	42
Obr. 25 – Paletový vozík.....	43
Obr. 26 - Gitterbox .....	43
Obr. 27 – Kancelářský box.....	44
Obr. 28 – Portálový jeřáb .....	44

Obr. 29 – Konzolový jeřáb .....	45
Obr. 30 – Mostový jeřáb .....	45
Obr. 31 – Výrobní roboti .....	46
Obr. 32 – Polohovatelná postava.....	46

## **Seznam příloh**

I – výsledky benchmarků 3D formátů

## **PŘÍLOHA č. I**

### **Výsledky benchmarku 3D formátů**



### **Benchmark 3D formátů na počítači: MS-7971 (MSI)**

Operační systém: Windows 8.1, (6.3.0), 64 bit

CPU: Intel(R) Core(TM) i5-6500 CPU @ 3.20GHz

RAM: 16276 MB

GPU: Intel(R) HD Graphics 530

VRAM: 2048 MB

<b>Object name</b>	<b>Level</b>	<b>Ram Usage</b>	<b>Models Count</b>	<b>Frames</b>	<b>Time</b>	<b>FPS</b>
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	6945	10,0007	694,4512
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	1167	10,00774	116,6097
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	5785	10,00158	578,4088
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	246	10,02743	24,53271
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	535	10,01805	53,40363
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	7027	10,00134	702,6057
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	7510	10,00004	750,9972
Cluster-UNITY-krychle-referencni	4	550	512	7430	10,00215	742,8405
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	7492	10,00005	749,1962
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	1197	10,00298	119,6643
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	1203	10,00668	120,2197
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	1203	10,00334	120,2598
Cluster-UNITY-krychle-referencni	16	600	8192	1170	10,00431	116,9496
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	265	10,01497	26,46038
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	265	10,00444	26,48823
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	265	10,02893	26,42355
Cluster-UNITY-krychle-referencni	32	700	32768	252	10,00275	25,19307
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	651	10,01579	64,99736
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	186	10,0139	18,57419
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	120	10,01006	11,98794
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	56	10,01372	5,59233
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	47	10,07631	4,664408
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	57	10,11038	5,637773
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	58	10,17444	5,700562
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	58	10,12773	5,726853
Cluster-sketchup-vrtacka-Obj	1	1250	3936	647	10,00482	64,6688
Cluster-sketchup-vrtacka-Obj	2	1250	15744	185	10,01105	18,47959
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	398	10,00986	39,76081
Cluster-UNITY-krychle-referencni	64	1250	131072	56	10,1377	5,523937
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	115	10,03182	11,46353
Cluster-sketchup-vrtacka-Obj	4	1400	62976	50	10,06752	4,966467
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	31	10,2971	3,010556
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	574	10,00138	57,39209

Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	124	10,06517	12,31971
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,33333	3

### **Benchmark 3D formátů na počítači: MacBook Pro 9,1**

Operační systém: Windows 10, (10.0.0), 64 bit

CPU: Intel(R) Core(TM) i7-3615QM CPU @ 2.30GHz

RAM: 16323 MB

GPU: NVIDIA GeForce GT 650M

VRAM: 512 MB

Object name	Level	Ram Usage	Models Count	Frames	Time	FPS
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	14932	10,0006	1493,111
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	915	10,00287	91,47374
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	8131	10,00111	813,0093
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	166	10,05381	16,51116
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	400	10,00937	39,96255
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	13915	10,00056	1391,422
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	13469	10,00084	1346,787
Cluster-UNITY-krychle-referencni	4	550	512	13608	10,00028	1360,762
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	13230	10,00018	1322,977
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	875	10,00008	87,49934
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	899	10,00503	89,85484
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	912	10,00063	91,19421
Cluster-UNITY-krychle-referencni	16	600	8192	892	10,00154	89,18623
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	168	10,09325	16,64478
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	165	10,00968	16,48404
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	178	10,04793	17,71509
Cluster-UNITY-krychle-referencni	32	700	32768	172	10,03312	17,14322
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	743	10,00448	74,26672
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	193	10,05852	19,18771
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	80	10,08251	7,934535
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	41	10,20298	4,018435
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	48	10,0207	4,790085
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	41	10,17255	4,030455
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	41	10,12031	4,05126
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	41	10,0499	4,079642
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	732	10,00605	73,15574
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	191	10,00922	19,08241
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	458	10,00052	45,79762
Cluster-UNITY-krychle-referencni	64	1250	131072	42	10,14941	4,138172
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	118	10,05413	11,73647
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	50	10,19247	4,905582
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	33	10,30226	3,20318

Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	470	10,00575	46,97299
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	94	10,03956	9,362963
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,33333	3

### **Benchmark 3D formátů na počítači: HP Compaq Elite 8300 SFF**

Operační systém: Windows 7 Service Pack 1 (6.1.7601) 64bit

CPU: Intel(R) Core(TM) i5-3570 CPU @ 3.40GHz

RAM: 4041 MB

GPU: AMD Radeon HD 6350

VRAM: 1384 MB

<b>Object name</b>	<b>Level</b>	<b>Ram Usage</b>	<b>Models Count</b>	<b>Frames</b>	<b>Time</b>	<b>FPS</b>
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	6131	10,00082	613,05
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	1039	10,00577	103,8401
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	4808	10,00028	480,7865
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	180	10,0309	17,94455
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	412	10,00754	41,16896
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	6144	10,00043	614,3738
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	6102	10,00082	610,1497
Cluster-UNITY-krychle-referenci	4	550	512	6111	10,00125	611,0236
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	6103	10,00131	610,2203
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	1006	10,00713	100,5283
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	1017	10,00085	101,6914
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	995	10,00366	99,46362
Cluster-UNITY-krychle-referenci	16	600	8192	994	10,0042	99,35828
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	193	10,04742	19,20891
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	193	10,02446	19,25291
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	192	10,02863	19,14518
Cluster-UNITY-krychle-referenci	32	700	32768	180	10,04341	17,92219
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	269	10,02509	26,83267
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	71	10,08301	7,041545
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	90	10,06174	8,944776
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	44	10,13869	4,33981
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	44	10,05091	4,377715
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	44	10,0775	4,366163
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	44	10,11423	4,350305
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	265	10,02567	26,43214
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	70	10,14181	6,902122
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	163	10,03107	16,24951
Cluster-UNITY-krychle-referenci	64	1250	131072	43	10,08912	4,262015
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	43	10,20924	4,211872
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	259	10,01828	25,85273
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	68	10,05915	6,760014
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,33333	3

Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,00082	3

### **Benchmark 3D formátů na počítači: H97-HD3**

Operační systém: Windows 10 (10.0.0) 64bit

CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4590 CPU @ 3.30GHz

RAM: 16230 MB

GPU: NVIDIA Quadro K4200

VRAM: 4063 MB

<b>Object name</b>	<b>Level</b>	<b>Ram Usage</b>	<b>Models Count</b>	<b>Frames</b>	<b>Time</b>	<b>FPS</b>
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	24173	10,00011	2417,273
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	1378	10,00411	137,7433
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	12742	10,00028	1274,164
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	243	10,01636	24,26031
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	550	10,00184	54,9899
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	24784	10,00005	2478,387
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	24754	10,00003	2475,327
Cluster-UNITY-krychle-referenci	4	550	512	23957	10,00006	2395,686
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	24651	10,00032	2465,02
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	1356	10,00056	135,5924
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	1368	10,00039	136,7946
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	1376	10,00268	137,5632
Cluster-UNITY-krychle-referenci	16	600	8192	1365	10,00401	136,4452
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	254	10,02933	25,32573
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	247	10,03871	24,60476
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	244	10,03372	24,31801
Cluster-UNITY-krychle-referenci	32	700	32768	247	10,0042	24,68964
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	2272	10,00054	227,1876
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	532	10,00016	53,19916
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	114	10,07337	11,31696
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	56	10,0962	5,546643
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	106	10,05857	10,53827
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	54	10,00576	5,396891
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	56	10,04548	5,574648
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	55	10,03764	5,479378
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	2184	10,00243	218,3469
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	520	10,00379	51,9803
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	1810	10,00399	180,9278
Cluster-UNITY-krychle-referenci	64	1250	131072	55	10,04236	5,476802
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	446	10,00062	44,59725
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	111	10,03968	11,05613
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	93	10,00604	9,294388
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	711	10,00675	71,05206
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	145	10,00516	14,49252
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	32	10,21297	3,133271

Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,33333	3



## **Benchmark 3D formátů na počítači: Precision T7610**

Operační systém: Windows 10 (10.0.0) 64bit

CPU: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2687W v2 @ 3.40GHz

RAM: 65481 MB

GPU: NVIDIA Quadro K4200

VRAM: 3039 MB

<b>Object name</b>	<b>Level</b>	<b>Ram Usage</b>	<b>Models Count</b>	<b>Frames</b>	<b>Time</b>	<b>FPS</b>
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	17903	10,00001	1790,298
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	1399	10,00071	139,89
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	10336	10,00068	1033,53
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	243	10,00934	24,27732
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	617	10,01272	61,62164
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	18345	10,00052	1834,404
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	16950	10,00065	1694,891
Cluster-UNITY-krychle-referenci	4	550	512	17251	10,00048	1725,018
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	15414	10,00001	1541,399
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	1234	10,00595	123,3266
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	1341	10,00111	134,0851
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	1345	10,00642	134,4137
Cluster-UNITY-krychle-referenci	16	600	8192	1298	10,00259	129,7664
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	245	10,02084	24,44905
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	241	10,03078	24,02604
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	254	10,0387	25,30209
Cluster-UNITY-krychle-referenci	32	700	32768	240	10,03931	23,90602
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	1552	10,00464	155,128
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	405	10,00594	40,47596
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	90	10,00323	8,997097
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	44	10,20452	4,311816
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	92	10,00774	9,192882
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	44	10,13786	4,340167
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	41	10,03588	4,085342
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	42	10,10248	4,157395
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	1569	10,00225	156,8647
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	408	10,02244	40,70865
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	1032	10,00169	103,1826
Cluster-UNITY-krychle-referenci	64	1250	131072	42	10,07585	4,168381
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	262	10,02418	26,1368
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	89	10,04313	8,861781
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	65	10,02487	6,483878
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	735	10,0107	73,42145
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	119	10,01957	11,87676
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,33333	3

Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,33333	3

### **Benchmark 3D formátů na počítači: 20DTCTO1WW**

Operační systém: Windows 10 (10.0.0) 64bit

CPU: Intel(R) Core(TM) i5-5200U CPU @ 2.20GHz

RAM: 7922 MB

GPU: Intel(R) HD Graphics 5500

VRAM: 2108 MB

<b>Object name</b>	<b>Level</b>	<b>Ram Usage</b>	<b>Models Count</b>	<b>Frames</b>	<b>Time</b>	<b>FPS</b>
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	2778	10,00071	277,7803
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	555	10,01065	55,44097
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	2381	10,00304	238,0276
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	133	10,0386	13,24886
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	209	10,07391	20,74666
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	2141	10,00223	214,0524
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	2139	10,00231	213,8505
Cluster-UNITY-krychle-referenci	4	550	512	2133	10,00256	213,2455
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	2108	10,0035	210,7263
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	413	10,01105	41,2544
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	416	10,01737	41,52787
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	312	10,03246	31,09904
Cluster-UNITY-krychle-referenci	16	600	8192	293	10,01944	29,24314
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	120	10,01074	11,98713
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	120	10,0772	11,90807
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	114	10,0375	11,35741
Cluster-UNITY-krychle-referenci	32	700	32768	117	10,06362	11,62603
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	308	10,01216	30,76258
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	86	10,06787	8,542027
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	57	10,1239	5,63024
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	31	10,19639	3,040292
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	31	10,25162	3,023913
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	31	10,20975	3,036313
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	31	10,29841	3,010173
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	310	10,02457	30,92402
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	88	10,04905	8,757049
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	210	10,00764	20,98397
Cluster-UNITY-krychle-referenci	64	1250	131072	31	10,3162	3,004981
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	57	10,07039	5,660157
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	173	10,00586	17,28987
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	46	10,15087	4,531633
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,33333	3

Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,00071	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,01065	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,00304	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,0386	3

### **Benchmark 3D formátů na počítači: OptiPlex 9020**

Operační systém: Windows 7 Service Pack 1 (6.1.7601) 64bit

CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4590 CPU @ 3.30GHz

RAM: 16327 MB

GPU: NVIDIA GeForce GT 740

VRAM: 1990 MB

<b>Object name</b>	<b>Level</b>	<b>Ram Usage</b>	<b>Models Count</b>	<b>Frames</b>	<b>Time</b>	<b>FPS</b>
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	18219	10,00023	1821,857
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	1325	10,00309	132,4591
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	10625	10,00083	1062,411
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	233	10,04068	23,20559
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	533	10,01759	53,20641
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	18321	10,00039	1832,028
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	18335	10,0004	1833,427
Cluster-UNITY-krychle-referenci	4	550	512	18276	10,00034	1827,538
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	18285	10,0001	1828,483
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	1324	10,00564	132,3254
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	1334	10,00572	133,3237
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	1327	10,00014	132,6981
Cluster-UNITY-krychle-referenci	16	600	8192	1316	10,00553	131,5273
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	245	10,04033	24,40159
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	242	10,03109	24,12501
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	242	10,00223	24,1946
Cluster-UNITY-krychle-referenci	32	700	32768	238	10,01096	23,77394
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	820	10,00069	81,99433
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	212	10,02919	21,13829
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	111	10,03347	11,06298
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	55	10,07975	5,456487
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	53	10,09444	5,250416
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	55	10,07034	5,461585
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	55	10,04378	5,476025
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	55	10,03644	5,480029
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	806	10,00677	80,5455
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	209	10,00212	20,89557
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	506	10,01642	50,51703
Cluster-UNITY-krychle-referenci	64	1250	131072	54	10,09069	5,35147
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	128	10,09829	12,67542
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	53	10,06166	5,267519
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	34	10,21738	3,327664
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	680	10,00802	67,94553
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	138	10,02873	13,76047
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,2731	3,01759

Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,33333	3

## **Benchmark 3D formátů na počítači: Lenovo C320**

Operační systém: Windows 7 Service Pack 1 (6.1.7601) 64bit

CPU: Intel(R) Celeron(R) CPU G530 @ 2.40GHz

RAM: 4007 MB

GPU: Intel(R) HD Graphics

VRAM: 880 MB

Object name	Level	Ram Usage	Models Count	Frames	Time	FPS
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	1675	10,0036	167,4397
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	577	10,01617	57,60686
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	1481	10,00251	148,0629
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	143	10,03216	14,25416
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	281	10,02923	28,0181
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	1678	10,00019	167,7968
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	1674	10,00404	167,3324
Cluster-UNITY-krychle-referenci	4	550	512	1676	10,0043	167,528
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	1675	10,00612	167,3975
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	579	10,0154	57,81095
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	576	10,00056	57,59677
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	578	10,00432	57,77505
Cluster-UNITY-krychle-referenci	16	600	8192	569	10,00291	56,88346
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	146	10,00554	14,59191
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	145	10,00213	14,49691
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	145	10,02543	14,46322
Cluster-UNITY-krychle-referenci	32	700	32768	142	10,02939	14,15839
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	182	10,01525	18,17229
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	54	10,135	5,328072
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	69	10,10673	6,827132
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	35	10,03404	3,488127
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	35	10,19871	3,431807
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	35	10,10766	3,462719
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	35	10,188	3,435413
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	187	10,04894	18,60893
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	54	10,19326	5,297619
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	116	10,00113	11,59869
Cluster-UNITY-krychle-referenci	64	1250	131072	35	10,22023	3,424579
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	33	10,21486	3,230589
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	31	10,33306	3,000078
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	183	10,03779	18,2311
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	51	10,05741	5,070889
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3

Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,0036	3



## **Benchmark 3D formátů na počítači: G1.Sniper H6**

Operační systém: Windows 10 (10.0.0) 64bit

CPU: Intel(R) Core(TM) i5-4590S CPU @ 3.00GHz

RAM: 16243 MB

GPU: NVIDIA GeForce GTX 760

VRAM: 2017 MB

Object name	Level	Ram Usage	Models Count	Frames	Time	FPS
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	11792	10,00022	1179,174
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	514	10,0045	51,3769
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	6803	10,00161	680,1904
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	143	10,06378	14,20937
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	299	10,00161	29,8952
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	13647	10,00055	1364,625
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	13223	10,00025	1322,266
Cluster-UNITY-krychle-referenci	4	550	512	13038	10,00164	1303,586
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	13438	10,00009	1343,787
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	627	10,0087	62,64548
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	630	10,01377	62,91337
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	619	10,0135	61,81654
Cluster-UNITY-krychle-referenci	16	600	8192	594	10,01387	59,31774
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	151	10,01515	15,07717
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	147	10,05694	14,61678
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	148	10,03227	14,75239
Cluster-UNITY-krychle-referenci	32	700	32768	141	10,00583	14,09179
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	1285	10,00417	128,4464
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	286	10,02676	28,52368
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	71	10,00506	7,09641
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	37	10,25822	3,606863
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	67	10,0286	6,680894
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	35	10,00268	3,499063
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	37	10,15609	3,643136
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	36	10,00974	3,596498
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	1199	10,002	119,8761
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	294	10,04191	29,2773
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	1141	10,01651	113,9119
Cluster-UNITY-krychle-referenci	64	1250	131072	35	10,02597	3,490935
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	233	10,03684	23,21448
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	63	10,04394	6,272441
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	56	10,08256	5,554143
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	395	10,02593	39,39783
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	79	10,02001	7,884224
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3

Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,33333	3

### **Benchmark 3D formátů na počítači: 80RU**

Operační systém: Windows 10 (10.0.0) 64bit

CPU: Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz

RAM: 7987 MB

GPU: NVIDIA GeForce GTX 950M

VRAM: 2087 MB

Object name	Level	Ram Usage	Models Count	Frames	Time	FPS
Cluster-sketchup-krychle-3DS	4	200	512	11403	10,00004	1140,296
Cluster-sketchup-krychle-3DS	16	230	8192	1096	10,00749	109,5179
Cluster-sketchup-krychle-DAE	4	400	1024	7746	10,00066	774,5485
Cluster-sketchup-krychle-3DS	32	400	32768	232	10,03204	23,12591
Cluster-sketchup-krychle-DAE	16	500	16384	507	10,00104	50,69475
Cluster-sketchup-krychle-SKP	4	550	512	11328	10,00035	1132,761
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	4	550	512	11555	10,00047	1155,446
Cluster-UNITY-krychle-referenci	4	550	512	11591	10,00083	1159,004
Cluster-sketchup-krychle-FBX	4	550	512	11582	10,00001	1158,199
Cluster-sketchup-krychle-FBX	16	560	8192	1137	10,0012	113,6864
Cluster-sketchup-krychle-SKP	16	570	8192	1154	10,00683	115,3212
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	16	570	8192	1093	10,00694	109,2242
Cluster-UNITY-krychle-referenci	16	600	8192	1094	10,00431	109,3528
Cluster-sketchup-krychle-SKP	32	650	32768	240	10,0351	23,91605
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	32	650	32768	225	10,03584	22,41965
Cluster-sketchup-krychle-FBX	32	700	32768	242	10,02454	24,14077
Cluster-UNITY-krychle-referenci	32	700	32768	230	10,02629	22,93969
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	1	750	3520	1245	10,00566	124,4295
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	2	800	14080	339	10,00161	33,89455
Cluster-sketchup-krychle-DAE	32	920	65536	111	10,08075	11,01108
Cluster-sketchup-krychle-SKP	64	1000	131072	55	10,11514	5,437395
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	4	1050	56320	88	10,06804	8,740528
Cluster-sketchup-krychle-OBJ	64	1100	131072	55	10,06877	5,462436
Cluster-sketchup-krychle-FBX	64	1100	131072	55	10,05379	5,470572
Cluster-sketchup-krychle-3DS	64	1100	131072	55	10,16339	5,411581
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	1	1250	3936	1271	10,00659	127,0163
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	2	1250	15744	351	10,02552	35,01066
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	1	1250	3520	706	10,00108	70,5924
Cluster-UNITY-krychle-referenci	64	1250	131072	54	10,02707	5,385424
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	2	1300	14080	196	10,02788	19,5455
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	4	1400	62976	89	10,02343	8,8792
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	4	1500	56320	52	10,03079	5,184036
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	8	1650	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	1	1650	12160	586	10,00425	58,57513
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	2	1650	48640	126	10,05527	12,53074
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	4	1900	194560	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	8	1900	251904	31	10,33333	3

Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	8	1950	225280	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-OBJ	12	2550	566784	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-krychle-DAE	64	2600	262144	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-FBX	12	2800	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-SKP	12	2850	506880	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	8	3250	778240	31	10,33333	3
Cluster-sketchup-vrtacka-3DS	12	5700	1751040	31	10,33333	3